

I. *Ueber den Zusammenhang der Lehre vom Diamagnetismus mit der Lehre von dem Magnetismus und der Elektrizität; von W. Weber.*

(Auszug aus den Abhandlungen der K. Sächs. Gesellschaft der Wiss. I. S. 483 bis 578; auch in der besonders erschienenen Schrift: »Abhandlungen über elektrodynamische Maafsbestimmungen von W. Weber. Leipzig, Weidmann'sche Buchhandlung, 1852.)

I. Theorie.

Man unterscheidet in der Lehre vom Magnetismus *beharrliche* und *veränderliche* Magnete, und betrachtet z. B. einen Magnet von hartem Stahle als einen beharrlichen, einen Magnet von weichem Eisen als einen veränderlichen. Fände zwischen beiden Arten ein strenger Gegensatz statt (was ebenso wenig wie bei den in der Elektrizitätslehre unterschiedenen Conductoren und Isolatoren der Fall ist); so würde der Magnetismus der beharrlichen Magnete blofs aus den *Wirkungen*, der Magnetismus der veränderlichen Magnete aus den *Ursachen* sowohl als auch aus den *Wirkungen* erforscht werden können. Jedenfalls sind, auch wenn jener Gegensatz nicht streng gilt, die *veränderlichen* Magnete zu einer *vollständigen Erforschung des Magnetismus* (aus seinen Ursachen und Wirkungen) mehr geeignet als die *beharrlichen*.

Man könnte nun in der Lehre vom Diamagnetismus auf gleiche Weise zwischen *beharrlichen* und *veränderlichen* Diamagneten zu unterscheiden versuchen; es würde aber alsdann *kein Merkmal zur Unterscheidung beharrlicher Diamagnete von beharrlichen Magneten* geben, wodurch diese Unterscheidung alle praktische Bedeutung verliert. Es kommen daher bei Erforschung des Diamagnetismus nur *ver-*

*änderliche Diamagnete* in Betracht, die sich auf doppelte Weise, theils aus ihren *Ursachen*, theils aus ihren *Wirkungen* erforschen lassen.

Nun ist bekannt, daß man durch Erforschung des *Magnetismus* eines Magnets aus seinen (auf andere Körper ausgeübten) *Wirkungen* zur Kenntniß der *idealen Vertheilung* der magnetischen Fluida an der Oberfläche des Magnets gelangen kann, von welcher Gauß bewiesen hat, daß sie die Kenntniß des *wahren inneren Zustandes* bei der Betrachtung aller *Wirkungen* vollkommen vertritt, und es ist ein großer Gewinn für viele Forschungen, daß durch die Betrachtung der *idealen Vertheilung* ein Weg gegeben ist, alle Wirkungen einfach und vollständig, *ohne Hilfe einer Hypothese über das Innere des Körpers*, zusammen zu fassen, besonders dann, wenn die Ursachen jener Wirkungen noch unbekannt sind und erst erforscht werden sollen. Gerade daraus aber, daß diese Kenntniß von der *idealen Vertheilung*, welche man aus den beobachteten Wirkungen erwerben kann, zur Uebersicht *aller Wirkungen* so ganz Genüge leistet, leuchtet von selbst ein, daß man auf dem Grunde der *beobachteten Wirkungen allein* auch nicht weiter gelangen könne, als zur Kenntniß dieser *idealen Vertheilung*, welche doch noch von der Kenntniß der *wahren inneren Natur des Magnets* nothwendig unterschieden werden muß: daß man also auf dem bloßen Grunde der *beobachteten Wirkungen* z. B. nicht im Stande ist, die wirkliche Vertheilung der im Magnete enthaltenen magnetischen Fluida, oder die wirkliche Zahl, Stärke und Anordnung der in ihm enthaltenen elektrischen Ströme zu erfahren.

Dasselbe gilt nun auch von den *Wirkungen eines Diamagnets* und man könnte also durch deren *Beobachtung* zwar zur Kenntniß der *idealen Vertheilung* magnetischer Fluida an der Oberfläche des Diamagnets gelangen, und dieselbe würde die Kenntniß seines *wahren inneren Zustandes in der Betrachtung aller seiner Wirkungen* vollkommen ersetzen; aber man würde dadurch allein weder einen

Aufschluß über den *wahren inneren Zustand* selbst, noch über das *eigentliche Wesen des Diamagnetismus*, seine *Entstehung und Veränderungen* erhalten. Um ihnen auf die Spur zu kommen, darf man sich daher auf die Betrachtung der *Wirkungen* und der davon abhängigen *idealen Vertheilung* nicht beschränken, sondern es ist nothwendig, eine andere Betrachtung zu Hülfe zu nehmen, welche *auf einem von diesen Wirkungen unabhängigen Fundamente* beruht.

Alle möglichen Ursachen des *Diamagnetismus* (ebenso wie des *Magnetismus*) lassen sich im Allgemeinen in *innere* und *äußere* scheiden. Die *äußere Ursache* ist (gleich den *Wirkungen*) durch die *Beobachtung* gegeben: sie ist für *Magnetismus* und *Diamagnetismus* dieselbe, nämlich eine ihrer *Größe und Richtung nach bestimmte magnetische oder elektromagnetische Scheidungskraft*. Wäre außer dieser *äußeren Ursache* auch noch die *innere*, im Körper selbst liegende, bekannt, so würde durch beide der *Diamagnetismus* selbst vollständig bestimmt seyn, und umgekehrt öffnet sich ein Weg, die *unbekannte innere Ursache* zu bestimmen, wenn außer der bekannten *äußeren Ursache* der aus beiden resultirende *Diamagnetismus* (durch seine *Wirkungen*) bekannt ist. Folgt man dem hier angedeuteten Wege und stellt die *bekannten magnetischen Scheidungskräfte* mit der aus den *Wirkungen* erforschten *idealen Vertheilung* sowohl für *Eisen* als auch für *Wismuth* zusammen, so ergiebt sich, daß gleiche *Scheidungskraft* entgegengesetzte ideale *Vertheilungen* beim *Eisen* und beim *Wismuth* hervorbringt, oder umgekehrt, daß eine *gleiche ideale Vertheilung bei Eisen und Wismuth entgegengesetzt gerichteten Scheidungskräften* entspricht. Der Grund davon, daß entgegengesetzte *äußere Ursachen* im *Eisen* und *Wismuth* gleiche *Wirkungen* hervorbringen, muß nun in der *Verschiedenheit der inneren, im Eisen und Wismuth selbst gelegenen, Ursachen* enthalten seyn. Um nun die hierdurch *gegebene Verschiedenheit der inneren Ursachen* im *Eisen* und *Wismuth* näher zu bestimmen, ist es nothwendig, alle möglichen *inneren Ursachen*, welche *Wirkun-*

gen, die aus einer *idealen Vertheilung* erklärbar sind, haben können, zu *classificiren*, und dann zu prüfen, ob unter allen, die wir aufzählen können, solche enthalten sind, welche von dem so eben erwähnten, bei *magnetischen und diamagnetischen Körpern unter gleichem äusseren Einflusse thatsächlich vorhandenen*, *Gegensätze* Rechenschaft geben.

Classification der inneren Ursachen, welche den durch eine ideale Vertheilung gegebenen Wirkungen zum Grunde liegen können.

Wir können *vier* wesentlich verschiedene Arten von *inneren*, in den Körpern gelegenen, Ursachen angeben, welche solche aus einer idealen Vertheilung magnetischer Fluida erklärbare Wirkungen hervorzubringen fähig sind:

- 1) die innere Ursache solcher Wirkungen kann in der Existenz zweier *magnetischen Fluida*, welche (mehr oder weniger) *unabhängig von ihrem ponderablen Träger beweglich* sind, enthalten seyn;
- 2) sie kann in der Existenz zweier *magnetischer Fluida* enthalten seyn, welche nur *mit den Moleculen ihres ponderablen Trägers beweglich* sind (drehbare Molecularmagnete);
- 3) sie kann in der Existenz *beharrlicher von den elektrischen Fluidis gebildeten Molecularströme* enthalten seyn, welche *mit den Moleculen drehbar* sind;
- 4) sie kann in der Existenz der *elektrischen Fluida* enthalten seyn, welche *in Molecularströmung* versetzt werden können.

Diese *vier* hier angeführten möglichen inneren Ursachen der durch eine *ideale Vertheilung* an der Oberfläche erklärbaren Wirkungen sind die einzigen, die man kennt und der Prüfung unterwerfen kann. — Der *erste* Fall liegt der von Coulomb und Poisson entwickelten Theorie des Magnetismus zum Grunde, — der *dritte* Fall liegt dem von Ampère entwickelten Zusammenhange der Lehre vom Magnetismus mit der Elektrodynamik zum Grunde; — der *zweite* Fall läßt sich auf den dritten reduciren, indem man nach dem von Ampère bewiesenen Theoreme, daß Mo-

lecularmagnete und Molecularströme in allen ihren Wirkungen gleich sind, die ersteren für die letzteren substituirt. — Es bleibt also nur noch der *vierte* Fall übrig, der bisher unbeachtet und unerörtert geblieben ist.

Für *jeden dieser vier Fälle* ergibt sich nun ein bestimmter Zusammenhang zwischen der Art der *idealen Vertheilung* und der *Richtung der magnetischen Scheidungskraft*, der sie entspricht. Für den *ersten* Fall ergibt sich nach Poisson's Theorie, daß, wenn man in der Richtungslinie der magnetischen Scheidungskraft diejenige Richtung als die *positive* bezeichnet, nach welcher der Nordpol einer Magnetnadel getrieben wird, und wenn man für die dieser Scheidungskraft entsprechende *ideale Vertheilung* die Schwerpunkte des nördlichen und südlichen Fluidums bestimmt, der erstere von diesen beiden Schwerpunkten gegen den letzteren in *positiver* Richtung verschoben ist. — Für den *dritten* Fall ist dieser Zusammenhang von Ampère entwickelt worden und es hat sich ergeben, daß hier dieselbe Abhängigkeit der *idealen Vertheilung von der magnetischen Scheidungskraft* statt findet. — Und aus der schon erwähnten Zurückführung des *zweiten* Falls auf den dritten leuchtet von selbst ein, daß dieselbe Abhängigkeit auch für den zweiten Fall gilt. — Es bleibt also in Beziehung auf diese Abhängigkeit nur noch der *vierte* Fall zu erörtern übrig.

Dieser *vierte* Fall setzt *elektrische Fluida* voraus, welche in *Molecularströmung* versetzt werden können; die *Möglichkeit* aber, in *Molecularströmung* versetzt zu werden, beruht für die elektrischen Fluida darauf, daß in den einzelnen Moleculen, oder um sie herum, in *sich zurücklaufende Bahnen* vorhanden sind, in denen jene Fluida *ohne Widerstand* beweglich sind, woraus folgt, daß es alsdann nur einer *stromerregenden Kraft* (d. i. einer Kraft, welche auf das positive und negative Fluidum nach entgegengesetzten Richtungen wirkt) nach der Richtung dieser Bahn bedarf, um die Fluida in dieser Bahn *wirklich zu bewegen*. Nun beweist die Lehre von der Magnetelektricität, daß

durch die zunehmende oder abnehmende Intensität einer magnetischen Scheidungskraft wirklich eine stromerregende (elektromotorische) Kraft gegeben sey, welche auf die beiden beweglichen elektrischen Fluida nach entgegengesetzten Richtungen wirkt und sie also in Strombewegung setzen muß. Die Richtung dieser Molecularströmung ist durch das Grundgesetz der magnetischen Induction in ihrer Abhängigkeit von der Zunahme oder Abnahme der magnetischen Scheidungskraft gegeben, und die ideale Vertheilung ist wiederum in ihrer Abhängigkeit von diesen Molecularströmen durch den von Ampère für den dritten Fall entwickelten Zusammenhang der Elektrodynamik mit der Lehre vom Magnetismus gegeben. Es ergiebt sich hieraus also mittelbar auch der Zusammenhang zwischen der idealen Vertheilung und der Zunahme oder Abnahme der magnetischen Scheidungskraft, der sie entspricht.

Hieraus leuchtet aber ein, daß in jedem Augenblicke, wo eine Zunahme oder Abnahme der magnetischen Scheidungskraft stattfindet, eine solche Molecularströmung hervorgebracht werden muß, und daß sich diese nach einander hervorgebrachten Strömungen, wenn sie nicht von selbst wieder verschwinden, summiren müssen. Diese Strömungen verschwinden aber nicht von selbst; denn Ampère hat bewiesen, daß den elektrischen Molecularströmen Beharrlichkeit zugeschrieben werden muß, d. h. die elektrischen Fluida erleiden bei ihren Kreisbewegungen um die ponderablen Molecule keinen solchen Widerstand, wie die elektrischen Fluida, welche einen ponderablen Leiter durchströmen, aus dem sich das schnelle Verschwinden der elektrischen Ströme in diesen Leitern erklärt. (Aus dieser den Molecularströmen nothwendig zukommenden Beharrlichkeit leuchtet von selbst ein, daß die Möglichkeit, die elektrischen Fluida in Molecularströmung zu versetzen, wie schon angeführt worden ist, darauf beruht, daß in den Moleculen, oder um sie herum, in sich zurücklaufende Bahnen vorhanden sind, in denen jene Fluida ohne Widerstand beweglich sind). Daraus folgt, daß mit fortgesetzter

Zunahme der magnetischen Scheidungskraft eine fortgesetzte Anhäufung der magnetischen Fluida, nach der idealen Vertheilung, verbunden sey, woraus sich ergibt, dafs jeder gegebenen Stärke der magnetischen Scheidungskraft ein bestimmtes Moment der idealen Vertheilung entspricht. Es findet aber diese Summation nur bei Molecularströmen statt, weil nur bei ihnen die Bewegung der elektrischen Fluida keinen Widerstand findet. Die anderen Ströme, die von der nämlichen Scheidungskraft in weiteren Bahnen hervor gebracht werden, die aber durch den Widerstand, den sie in diesen Bahnen finden, schnell verschwinden, bringen nur im Augenblicke ihrer Erregung (bei wachsender oder abnehmender Scheidungskraft) magnetische Wirkungen auf andere Körper hervor, welche sogleich verschwinden, sobald die Scheidungskraft constant geworden ist, und die daher zur Gröfse der vorhandenen Scheidungskraft in gar keiner Beziehung stehen, die doch nothwendig statt finden mufs, wenn von den Wirkungen veränderlicher Magnete oder Diamagnete Rechenschaft gegeben werden soll, wozu daher nur Molecularströme brauchbar sind. Entwickelt man nun in Betreff dieser Molecularströme nach den Gesetzen der magnetischen Induction die Abhängigkeit des Moments der idealen Vertheilung von der Gröfse der vorhandenen Scheidungskraft; so findet man, dafs, wenn in der Richtungslinie der magnetischen Scheidungskraft diejenige Richtung als die *positive* bezeichnet wird, nach welcher der Nordpol einer Magnetnadel getrieben wird, und wenn man für die von dieser Scheidungskraft abhängige ideale Vertheilung die Schwerpunkte des nördlichen und südlichen Fluidums bestimmt, der erstere von diesen beiden Schwerpunkten gegen den letzteren in *negativer* Richtung verschoben ist, d. i. gerade umgekehrt wie für die drei anderen Fälle, wonach sich von der inneren Ursache des Diamagnetismus Rechenschaft geben läfst.

#### Innere Ursache des Diamagnetismus.

Dieses merkwürdige Resultat gestattet also eine Anwendung auf die Begründung einer Theorie der diamagne-

*tischen Erscheinungen, welche von den Kräften, die ihn hervorbringen, Rechenschaft giebt, an der es bisher gefehlt hat. Zu einer solchen Theorie genügt es nämlich nicht, daß man den diamagnetischen Zustand eines Körpers in Beziehung auf alle seine Wirkungen durch eine ideale Vertheilung magnetischer Fluida an seiner Oberfläche zweckmäßig repräsentiren kann, sondern es ist dazu wesentlich erforderlich, daß auch von den Kräften Rechenschaft gegeben werde, durch welche jener Zustand hervorgebracht wird, so wie auch davon, nach welchen Gesetzen und worauf diese Kräfte wirken.*

Aus der obigen Zusammenstellung und Betrachtung der verschiedenen möglichen Weisen, wie der durch eine ideale Vertheilung magnetischer Fluida repräsentirbare Zustand eines Körpers entstehen könne, hat sich nur ein einziger Fall ergeben, in welchem für die Abhängigkeit der idealen Vertheilung von der magnetischen Scheidungskraft ein mit den Fundamentalerscheinungen bei der Entstehung des Diamagnetismus übereinstimmendes Gesetz resultirt. Daraus folgt, daß von der Entstehung des diamagnetischen Zustandes der Körper nur dann Rechenschaft gegeben werden kann, wenn dieser Fall als wirklich vorhanden angenommen wird, wonach die Zunahme des Diamagnetismus eines Körpers der inducirenden Kraft proportional ist, welche auf die im Körper befindlichen, in bestimmten Kreisbahnen um die Molecule ohne Widerstand beweglichen, elektrischen Fluida wirken, und die Geschwindigkeit ihrer Bewegung in diesen Bahnen beschleunigen. Es wird also hiernach z. B. der Wismuthdiamagnetismus aus der Annahme erklärt, daß die Wismuthmolecule bestimmte in sich zurücklaufende Bahnen (oder Canäle) enthalten, in denen die elektrischen Fluida ohne Widerstand beweglich sind, während diese Fluida in allen anderen Bahnen nur mit Ueberwindung eines ihrer Geschwindigkeit proportionalen Widerstands beweglich sind. Die Entstehung eines reinen (nicht mit Magnetismus vermischten) Diamagnetismus würde außerdem voraussetzen, daß die jene Bahnen oder Canäle

enthaltenden Molecule *nicht drehbar* sind, weil sonst *drehbare Molecularströme* stattfinden könnten, die so stark wären, daß ein Theil ihrer Intensität bei der Drehung als *constant* betrachtet werden könnte, und also nach Ampère einen *magnetischen Zustand* zur Folge haben würde. Dieser Annahme gemäß kann der *Diamagnetismus* oder *Elektrodiamagnetismus* eines Körpers aus der auf denselben wirkenden *magnetischen* oder *elektromagnetischen Scheidungskraft* bestimmt werden.

Bestimmung des Diamagnetismus oder Elektrodiamagnetismus eines Körpers aus der auf ihn wirkenden magnetischen oder elektromagnetischen Scheidungskraft.

Die durch  $X$  ausgedrückte *magnetische* oder *elektromagnetische Scheidungskraft* <sup>1)</sup> übt auf einen Kreis vom Halbmesser  $r$  *elektromotorische Kräfte* aus, deren Integral-

- 1) Jede *magnetische Scheidungskraft* kann ihrer Intensität nach mit dem *Erdmagnetismus* verglichen und nach demselben *Maafse* angegeben werden. Die *elektromagnetische Scheidungskraft* einer cylindrischen Spirale, durch welche ein Strom von der Intensität  $i$  geht, wird nach dem Fundamentalgesetze des Elektromagnetismus durch 
$$\frac{2\pi ni}{\sqrt{(aa+rr)}}$$

ausgedrückt, wo  $n$  die Zahl der Spiralwindungen,  $r$  den Halbmesser und  $a$  die Länge der Axe bezeichnet. Dieser Werth gilt zunächst für die Scheidungskraft im Mittelpunkte des Cylinders, nähert sich aber dem für jeden andern Punkt des inneren Raumes, mit Ausnahme derjenigen, welche nahe am Ende liegen, desto mehr, je länger die Spirale und je kleiner ihr Halbmesser ist. Wenn daher ein Wismuthstab in der Mitte einer solchen Spirale sich befindet, so wirken auf alle seine Theile nahe *gleiche elektromagnetische Scheidungskräfte*, und er kann darin auch innerhalb gewisser Gränzen *verschoben* werden, ohne daß diese Kräfte sich merklich ändern. Daher eignet sich eine solche Spirale besonders zu solchen Versuchen, bei welchen der *Diamagnetismus unverändert* bleiben soll. — Obiger Ausdruck giebt die *elektromagnetische Scheidungskraft* in demselben Maafse an, nach welchem die *magnetischen Scheidungskräfte* bestimmt werden (nämlich nach dem zur Bestimmung der Stärke der erdmagnetischen Kraft festgesetzten *absoluten Maafse*), wenn  $i$  die Stärke des *Stabmagnetismus* bezeichnet, dessen Wirkungen den Wirkungen des die *Flächeneinheit umströmenden Stromes* gleich sind.

werth für den Zeitraum, in welchem dieser Kreis aus der gegen die Richtung der Scheidungskraft senkrechten Stellung in die damit parallele geführt wird, nach der in Art. 10 der Widerstandsmessungen in meinen elektrodynamischen Maafsbestimmungen gegebenen Bestimmung,

$$= \pi r r X$$

ist. Dieser Integralwerth ist die *Summe der Producte* aus der nach dem a. a. O. Art. 10 festgestellten *absoluten Maafse* ausgedrückten *Intensität der elektromotorischen Kraft* in das *Zeitelement*, in welchem die Kraft mit dieser Intensität wirkt. Der Ausdruck dieses Integralwerths bleibt unverändert, wenn, statt den Kreis um  $90^\circ$  zu drehen, die *Scheidungskraft*  $X$  *verschwindet*. Wächst umgekehrt diese *Scheidungskraft* von  $X=0$  bis  $X=X$  (beim Schliessen der Kette), so ist der Ausdruck dieses Integralwerths

$$- \pi r r X,$$

wo das *negative* Vorzeichen bedeutet, dafs der inducirte Kreisstrom eine solche *Richtung* hat, dafs die Pole eines ihm *aequivalenten Molecularmagnets* nach entgegengesetzten Seiten gerichtet sind, als die einer Bussole unter dem Einflusse der Kraft  $X$ .

Dieser Bestimmung des Integralwerthes der *elektromotorischen Kraft* liegt das aus dem *absoluten Maafse des Magnetismus* abgeleitete Maafs zum Grunde, wie es a. a. O. S. 338 und 339 festgestellt ist, und mufs mit  $\sqrt{\frac{1}{2}}$  multiplicirt werden, wenn sie für das a. a. O. Art. 26, angegebene *rein elektrodynamische Maafs elektromotorischer Kräfte* gelten soll, also:

$$- \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot r r X.$$

Und dieser Ausdruck mit  $\frac{4}{c}$  multiplicirt (wo  $c$  denjenigen constanten Werth der relativen Geschwindigkeit bezeichnet, bei welcher zwei *elektrische Massen* gar *keine Wirkung* auf einander ausüben) giebt die elektromotorische Kraft in

Theilen des in der Mechanik für alle Kräfte im Allgemeinen festgestellten absoluten Maafses (a. a. O. Art. 27), also:

$$-\frac{2\sqrt{2}}{c} \cdot \pi r r X.$$

Es ist dies der Werth der elektromotorischen Kraft für die Länge der ganzen Kreisbahn unter der Voraussetzung, daß in jeder Längeneinheit dieser Bahn die Einheit des elektrischen Fluidums sich befindet; durch Division mit der Kreisperipherie  $2\pi r$  erhält man daher die auf jede Maafseinheit des elektrischen Fluidums wirkende elektromotorische Kraft

$$= -\frac{\sqrt{2}}{c} \cdot r X.$$

Dies bedeutet, nach den Principien der Mechanik, die Zunahme der Geschwindigkeit, welche jede ponderabele Masseneinheit, wenn sie an die Maafseinheit des elektrischen Fluidums geknüpft wäre, in dem Zeitraume erhalten würde, in welchem die Scheidungskraft von  $X=0$  bis  $X=X$  wächst. Bezeichnet  $\varepsilon$  den unbekannten kleinen Bruch, welchen die Masse der elektrischen Maafseinheit von dem ponderablen Massenmaafse bildet, so giebt obiger Werth, mit  $\varepsilon$  dividirt, die Stromgeschwindigkeit  $u$ , welche durch das angegebene Wachsthum der Scheidungskraft hervorgebracht worden ist. Multiplicirt man diese Stromgeschwindigkeit  $u$  mit  $\frac{4}{c}e$ , wo  $e$  die Menge des elektrischen Fluidums, nach der elektrischen Maafseinheit, ausdrückt, welche in jeder Längeneinheit der Kreisbahn sich befindet, so erhält man die Intensität des inducirten Kreisstroms nach dem rein elektrodynamischen Maafse, und, mit  $\sqrt{2}$  multiplicirt, nach demjenigen Maafse bestimmt, nach welchem ein Strom von der Intensität  $= 1$ , wenn er die Flächeneinheit umläuft, der Maafseinheit des Magnetismus aequivalent ist, nämlich:

$$-\frac{8e}{c\varepsilon} \cdot r X.$$

Das elektromagnetische Moment dieses inducirten Kreisstroms (Molecularstroms) findet man durch Multiplication

der angegebenen *Stromintensität* mit dem von der Kreisbahn umschlossenen *Flächenraum*

$$= - \frac{8e}{cc\varepsilon} \cdot \pi r^3 X.$$

Hierbei ist angenommen, daß die *Normale* der Kreisbahnebene mit der *Richtung* der Scheidungskraft parallel sey, was für *alle* Kreisbahnebenen nur bei einer bestimmten Anordnung der Molecule stattfinden kann. Beim *Wismuth* setzen wir diese Anordnung nicht voraus, sondern nehmen vielmehr nach dem Begriffe der *Homogenität* an, daß die *Normale* der Kreisbahnebenen keine vorherrschende Richtung haben. Darnach muß die Zahl der Kreisbahnen, deren *Normalen* den Winkel  $\varphi$  mit der Richtung der Scheidungskraft macht, mit  $\sin \varphi$  proportional gesetzt werden. Die *Stromintensität* ergibt sich dann mit  $\cos \varphi$  proportional, und die der *Scheidungskraft parallele Componente des Moments* mit  $\cos \varphi^2$ . Multiplicirt man daher obigen Werth mit  $\sin \varphi \cos \varphi^2$ , so erhält man einen Ausdruck, welcher dem Antheile aller Kreisströme (*Molecularströme*), deren *Normalen* mit der Richtung der Scheidungskraft den Winkel  $\varphi$  machen, an dem *elektrodiamagnetischen Momente* des *Wismuths* proportional ist, nämlich:

$$- \frac{8e}{cc\varepsilon} \cdot \pi r^3 X \cdot \sin \varphi \cos \varphi^2.$$

Multiplicirt man mit  $d\varphi$  und ferner den alsdann zwischen den Gränzen  $\varphi=0$  und  $\varphi=\frac{1}{2}\pi$  genommenen *Integralwerth* mit der Zahl der *Molecularströme*, so erhält man das ganze *elektrodiamagnetische Moment* der *Wismuthmasse*  $m$ , wenn  $\mu m$  die Zahl der *Molecularströme* in dieser Masse bezeichnet,

$$= - \frac{8\pi}{3cc\varepsilon} \cdot \mu r^3 e \cdot m X.$$

Das *elektrodiamagnetische Moment* einer *Wismuthmasse* ist also der *Scheidungskraft*  $X$  und der *Masse* des *Wismuths*  $m$  proportional, und wird daraus durch Multiplication mit einem aus der *allgemeinen Elektrizitätslehre* zu entnehmen-

den constanten Factor  $\frac{8\pi}{3cc\epsilon}$ , und einem von der *Beschaffenheit des Wismuths* abhängigen constanten Factor  $\mu r^3 e$  gefunden. Diesen letzten Factor kann man die *diamagnetische Constante* des Wismuths nennen.

In der hier gegebenen Bestimmung des *elektrodiamagnetischen Moments* ist die Induction der Molecularströme in den Kreisbahnen aller Molecule *einzeln* betrachtet worden, wie wenn auf jedes Molecule blofs die aus der Scheidungskraft  $X$  berechnete elektromotorische Kraft gewirkt hätte. Diefs ist genau genommen nicht der Fall, sondern es haben in jeder Kreisbahn ausserdem noch diejenigen elektromotorischen Kräfte mitgewirkt, welche von der *Wechselwirkung* der diamagnetischen Molecule herrührten, gerade so, wie auf ein Theilchen eines Eisenstabs nicht blofs die äufsere, z. B. vom Erdmagnetismus ausgeübte, Scheidungskraft wirkt, sondern auch diejenigen Scheidungskräfte, welche von der Wechselwirkung der magnetischen Eisentheilchen des Eisenstabs unter einander herrühren. Soll nun diese *Wechselwirkung* der diamagnetischen Molecule in Rechnung gebracht werden, wiewohl sie so klein ist, dafs sie kaum einen merklichen Einflufs hat, so verdient dabei zunächst ein merkwürdiger Gegensatz hervorgehoben zu werden, welcher zwischen der Wechselwirkung *diamagnetischer* und *magnetischer* Molecule stattfindet.

Vergleichung der Wechselwirkung diamagnetischer Molecule mit der magnetischer Molecule.

Befinden sich zwei *Eisentheilchen* in einer der Richtung der auf sie wirkenden Scheidungskraft  $X$  *parallelen* Geraden, und bezeichnet man mit  $m$  das *magnetische Moment*, welches diese Scheidungskraft in jedem von diesen beiden Eisentheilchen, *einzeln* betrachtet, hervorbringen würde, so resultirt für jedes Theilchen aus der Wirkung des andern eine neue Scheidungskraft, welche das Moment  $m$  *vergröfsert*. Diese neue, aus der *Wechselwirkung* beider Theilchen entspringende, Scheidungskraft wird nach bekannten

Gesetzen durch  $\frac{2m}{r^3}$  ausgedrückt, wenn  $r$  den Abstand der Theilchen bezeichnet. Die *gesammte* Scheidungskraft  $(X + \frac{2m}{r^3})$  bringt daher in dem betrachteten Theilchen das gröfsere Moment  $(1 + \frac{2m}{Xr^3})m$  hervor. Befinden sich dagegen zwei *Wismuththeilchen* in einer, der Richtung der auf sie wirkenden Scheidungskraft  $X$  *parallelen*, Geraden, und wird das *diamagnetische Moment*, welches dieser Scheidungskraft entspricht, mit  $-\mu$  bezeichnet (das negative Vorzeichen bedeutet, dafs für gleichgerichtete Scheidungskräfte das diamagnetische Moment dem magnetischen entgegengesetzt ist), so resultirt für jedes Theilchen aus der Wirkung des anderen eine neue Scheidungskraft  $-\frac{2\mu}{r^3}$ , wenn  $r$  der Abstand beider Theilchen ist, und folglich entspricht der *gesammten* Scheidungskraft  $(X - \frac{2\mu}{r^3})$  das *verkleinerte* diamagnetische Moment  $-(1 - \frac{2\mu}{Xr^3})\mu$ . Es findet also der *Gegensatz* statt, dafs der *Magnetismus* der in der Richtung der Scheidungskraft liegenden *Eisenthelchen* durch Wechselwirkung *verstärkt*, der *Diamagnetismus* der in dieser Richtung liegenden *Wismuththeilchen* dagegen durch Wechselwirkung *geschwächt* wird.

Umgekehrt verhält es sich, wenn die Eisen- und Wismuththeilchen in einer gegen die Richtung der Scheidungskraft  $X$  *senkrechten* Geraden liegen, wo der *Magnetismus* der Eisenthelchen durch Wechselwirkung *geschwächt*, der *Diamagnetismus* der Wismuththeilchen dagegen durch Wechselwirkung *verstärkt* wird. Es ergibt sich nämlich dann, der *geschwächte Magnetismus* des Eisenthelchens

$$= + (1 - \frac{m}{Xr^3})m,$$

der *verstärkte Diamagnetismus* des Wismuththeilchens

$$= - (1 + \frac{\mu}{Xr^3})\mu.$$

Hieraus folgt, dafs, während man eine gegebene Masse

Eisen, um ihr durch eine gegebene Scheidungskraft den stärksten *Magnetismus* zu ertheilen, in die Form eines langen und dünnen Stabes bringt, und seiner Länge nach der Richtung der Scheidungskraft parallel stellt; so muß man dagegen eine Wismuthmasse, um ihr den stärksten *Diamagnetismus* zu ertheilen, in die dünnste Plattenform bringen, und ihrer Dicke nach der Richtung der Scheidungskraft parallel stellen. Die weitere Entwicklung dieser Gesetze der Wechselwirkung diamagnetischer Molecule im Vergleich mit der magnetischer Molecule führt endlich zu einer *einfachen Unterscheidung magnetischer und diamagnetischer Stoffe*, die eine nähere Erklärung verdient.

Unterscheidung magnetischer und diamagnetischer Körper durch positive und negative Werthe einer Constante.

Beschränkt man sich, der Einheit wegen, auf die Betrachtung eines *Rotations-Ellipsoids* von Eisen oder Wismuth, dessen Hauptaxe der Scheidungskraft  $X$  parallel ist, so hat Neumann für *Eisen* bewiesen, daß *das magnetische Moment des Ellipsoids*

$$= \frac{k v X}{1 + 4 \pi k S}$$

ist, wo  $v$  das Volumen und  $S$  eine durch das Verhältniß der Axen des Ellipsoids gegebene GröÙe ist, nämlich

$$S = \sigma(\sigma - 1) \left\{ \frac{1}{2} \log \frac{\sigma + 1}{\sigma - 1} - \frac{1}{\sigma} \right\}$$

$$\sigma = \sqrt{1 - \frac{r r'}{\lambda \lambda'}},$$

$r$  und  $\sqrt{r r' - \lambda \lambda'}$  die Axen des Ellipsoids. —  $k$  soll darin für *Eisen* einen constanten Werth haben, welchen Neumann mit dem Namen der *magnetischen Constante des Eisens* bezeichnet und *dieser constante Werth ist bei Eisen, so wie auch bei allen anderen magnetischen Stoffen, nothwendig positiv*.

Die GröÙe  $k$  dient also, nach Verschiedenheit der GröÙe der *positiven* Werthe, welche sie annimmt, als *Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen magnetischen Stoffe*;

man kann aber den Gebrauch der GröÙe  $k$  als Unterscheidungsmerkmal *verallgemeinern und ihn auf alle Körper ausdehnen, wenn man negative Werthe von  $k$  zuläÙt und die physische Bedeutung daran knüpft, daÙ ein Körper, für welchen sich der Werth von  $k$  negativ ergibt, ein diamagnetischer ist.* (Der Name *antimagnetischer* oder *negativmagnetischer* würde daher für diese Körper passender seyn.) Den für einen *diamagnetischen Körper* gefundenen *negativen Werth von  $k$*  kann man die *magnetische Constante des diamagnetischen Körpers* nennen, oder man kann den *positiven Werth*, den man durch Verwechselung des Vorzeichens erhält, seine *diamagnetische Constante* nennen. Bezeichnet man alsdann *diese stets positive diamagnetische Constante* mit  $h$ , zur Unterscheidung der mit  $k$  bezeichneten gleichfalls *stets positiven magnetischen Constante*, so ergibt sich auf die nämliche Weise, wie Neumann das magnetische Moment eines magnetischen Ellipsoïds bestimmt hat, *das diamagnetische Moment eines diamagnetischen Ellipsoïds*

$$= - \frac{h v X}{1 - 4 \pi h S}.$$

Nun ist für ein *unendlich gestrecktes Ellipsoid*, für eine *Kugel* und für ein *unendlich abgeplattetes Ellipsoid* der Reihe nach

$$S=0, S=\frac{1}{3}, S=1;$$

folglich sind die entsprechenden *magnetischen Momente* der Reihe nach

$$+ k v X, + \frac{k v X}{1 + \frac{4}{3} \pi k}, + \frac{k v X}{1 + 4 \pi k}$$

dagegen die entsprechenden *diamagnetischen Momente* der Reihe nach

$$- h v X, - \frac{h v X}{1 - \frac{4}{3} \pi h}, - \frac{h v X}{1 - 4 \pi h}.$$

Der *gestrecktesten* Form entspricht also der *schwächste*, der *abgeplatteten* Form der *stärkste Diamagnetismus*, gerade umgekehrt wie beim *Magnetismus*, wie schon oben bewiesen worden ist. Da aber die *diamagnetische Constante*

stante  $k$  bei allen bekannten diamagnetischen Körpern einen gegen die Einheit fast verschwindend kleinen Werth hat, so kann das *diamagnetische Moment* aller dieser Körper ohne merklichen Fehler als unabhängig von ihrer Gestalt betrachtet und

$$= -h v X$$

gesetzt werden, und dieser Ausdruck kann mit demjenigen verglichen werden, welcher oben für das *diamagnetische Moment* erhalten wurde ohne Rücksicht auf die Wechselwirkung der diamagnetischen Molecule unter einander. Setzt man nämlich

$$v = \frac{m}{\varrho},$$

wo  $m$  die Masse und  $\varrho$  die Dichtigkeit des Körpers bezeichnet, so erhält man für das *diamagnetische Moment* den Ausdruck

$$= -\frac{k}{\varrho} \cdot m X$$

statt des oben gefundenen Ausdrucks

$$= -\frac{8\pi}{3cc^4} \cdot \mu r^3 e \cdot m X.$$

Auf beide Arten wird das *diamagnetische Moment* als das Product der Masse  $m$  in die Scheidungskraft  $X$  dargestellt, multiplicirt mit einem constanten Coefficienten, welcher im letzteren Ausdrucke aus zwei Factoren besteht, nämlich aus dem aus der *allgemeinen Elektricitätslehre* zu entnehmenden Factor  $\frac{8\pi}{3cc^4}$ , und aus dem von der Beschaffenheit der *diamagnetischen Körper* abhängigen Factor  $\mu r^3 e$ , welcher oben die *diamagnetische Constante* des Körpers genannt worden ist. Man sieht leicht ein, daß diese beiden Factoren hier in  $\frac{k}{\varrho}$  nicht geschieden sind, und daß also  $\frac{k}{\varrho}$  hier keine andere Bedeutung hat, als die des Products jener beiden Factoren.

Die GröÙe  $k$  ist hier als *constant* (d. h. als unabhängig von der GröÙe der Scheidungskraft  $X$ ) angenommen worden, weil Neumann, nach der Theorie scheidbarer magnetischer

*Fluida*, bewiesen hat, daß sie *constant* (d. h. unabhängig von der GröÙe der Scheidungskraft  $X$ ) seyn müsse. Die oben angeführten Resultate sind aber von dieser Annahme unabhängig, und behalten ihre Geltung, auch wenn die nähere Prüfung ergeben sollte, daß  $k$  eine Function der GröÙe der Scheidungskraft  $X$  wäre. Aus dieser Prüfung wird sich aber von selbst ergeben, daß, wenn auch  $k$  mit  $X$  sich ändert, doch  $k$  für jeden diamagnetischen Körper *einen unveränderlichen Werth* behält.

Durch die hier entwickelte *Theorie des Diamagnetismus* kann nun, wie sich leicht zeigen läßt, die bekannte Streitfrage, ob *magnetische Fluida* wirklich existiren, entschieden werden.

#### Ueber die Existenz magnetischer Fluida.

Wenn eine gewisse Klasse von Wirkungen eines Körpers auf andere Körper so beschaffen ist, daß sie aus einer *idealen Vertheilung* magnetischer Fluida an seiner Oberfläche erklärt werden kann; so lassen sich für die *wahren Ursachen im Innern des Körpers* verschiedene Möglichkeiten denken und darnach 4 Fälle unterscheiden, die oben angegeben und näher erörtert worden sind. Zwei dieser Fälle beruhten auf der Annahme, daß *zwei magnetische Fluida* existiren, die entweder in den drehbaren Moleculen des Körpers unbeweglich, in *constanter* Scheidung, oder in undrehbaren Moleculen beweglich, in *variabler* Scheidung sich befinden; die beiden anderen Fälle dagegen beruhten auf der Annahme, daß die *beiden nach der Elektrizitätslehre vorhandenen elektrischen Fluida* in einer bestimmten Kreisbahn entweder um jedes drehbare Molecul des Körpers in *constanter* oder um jedes undrehbare Molecul in *variabler* Strombewegung sich befänden. Diese 4 Fälle schließten nun, wie man leicht sieht, keineswegs einander wechselseitig aus; denn es kann ein Theil der *magnetischen Fluida* in drehbaren Moleculen *constant* geschieden bleiben, während die Scheidung eines anderen Theils *variabel* ist; und ebenso kann ein Theil der *elektrischen Strömung* in

gehehenen Kreisbahnen drehbarer Molecule constant seyn, während ein anderer Theil in Kreisbahnen undrehbarer Molecule seiner Intensität nach variirt. In letzterer Beziehung liefse sich sogar die Existenz *constanter* Strömungen ohne das Hinzukommen eines *variablen* Theils bei den vielen vorhandenen elektromotorischen Kräften gar nicht begreifen, weil die elektrischen Fluida, wenn sie in bestimmten Bahnen frei beweglich sind, wie die Existenz constanter Strömungen beweist, dem Antriebe jener nach der Richtung dieser Bahnen zerlegten elektromotorischen Kräfte nothwendig folgen müssen. Indessen können jene 4 Fälle paarweise zu 2 Hauptfällen verbunden werden, von denen jeder, wenn er wirklich nachgewiesen wäre, den andern als ganz überflüssige Hypothese erscheinen lassen würde, nämlich 1) das magnetische Fluida existiren, welche mit den Moleculen oder in denselben sich bewegen können; 2) das die nach der Elektricitätslehre überall vorhandenen elektrischen Fluida in bestimmten Kreisbahnen um die Molecule ohne Widerstand beweglich sind.

Nun läßt sich für jeden von diesen beiden Hauptfällen eine Theorie entwickeln, und jede dieser Theorien läßt sich in zwei Theile theilen, nämlich in einen solchen, worin die Resultate beider Theorien übereinstimmen, und in einen solchen, worin sie einander widersprechen. Denn es verhält sich mit dieser Theorie gerade so wie in der Optik mit der Emissionstheorie und Wellentheorie, die ebenfalls in vielen Resultaten übereinstimmen, bis die Entdeckung der Interferenzerscheinungen zu näherer Erörterung desjenigen Theils führte, worin beide Theorien einander widersprechen. Wenn nun auch die beiden auf der Annahme magnetischer Fluida und elektrischer Molecularströme beruhenden Theorien in sehr vielen Beziehungen eine bewundernswürdige Uebereinstimmung der Resultate bisher gegeben haben, so dürfte man doch auch hier, wie in der Optik, erwarten, das endlich die Entdeckung irgend einer neuen Classe von Erscheinungen zu näherer Erörterung desjenigen Theils, worin beide einander widersprechen, führen würde.

Beide Theorien stimmen zwar 1) in allen, die Erscheinungen beharrlicher Magnete betreffenden, Resultaten überein; 2) auch darin, daß jede eine Eintheilung der veränderlichen Magnete in zwei Classen gestattet, nämlich in solche, die ihren Magnetismus der bloßen Orientirung fertig vorhandener drehbarer Molecule (Molecularmagnete oder Molecularströme), und in solche, die ihren Magnetismus der Anregung von Bewegung imponderabler Fluida in ruhenden Moleculen (der Scheidung magnetischer Fluida in den Moleculen, oder der Erregung elektrischer Ströme in bestimmten Kreisbahnen um die Molecule) verdanken; 3) auch noch in ihren Resultaten über die erste Classe der veränderlichen Magnete. Beide Theorien widersprechen aber einander in ihren Resultaten über die zweite Classe der veränderlichen Magnete durch entgegengesetzte Bestimmungen über die Lage ihrer Pole; denn nach der einen soll die Lage der Pole für die zweite Classe der veränderlichen Magnete gleich der für die erste Classe seyn; nach der andern soll die Lage der Pole für die zweite Classe entgegengesetzt der für die erste seyn. So lange man also nur solche veränderliche Magnete kannte, wo die Lage der Pole (für gleich gerichtete Scheidungskräfte) gleich war, ließen sich beide Theorien anwenden; sobald man aber veränderliche Magnete (Diamagnete) entdeckte, wo die Lage der Pole (bei gleich gerichteten Scheidungskräften) entgegengesetzt war, so blieb keine Wahl mehr zwischen beiden Theorien, weil nur die zweite von der Entstehung zweier Classen von Magneten mit entgegengesetzter Lage der Pole, bei gleich gerichteten Scheidungskräften, Rechenschaft giebt.

Die von Faraday entdeckten diamagnetischen Erscheinungen dienen daher zur Entscheidung der Alternative zwischen diesen beiden Theorien, gerade so, wie die Interferenzerscheinungen zur Entscheidung der Alternative zwischen Emissions- und Wellentheorie, und dieß ist die wesentlichste und wichtigste Bedeutung, welche der Faraday'schen Entdeckung gegeben werden kann. Durch die Entdeckung des Diamagnetismus wird also die Hypothese

der elektrischen Molecularströme im Innern der Körper bestätigt; die Hypothese der magnetischen Fluida im Innern der Körper widerlegt, — ein Resultat, welches auch durch die genauere directe Erforschung des veränderlichen Magnetismus seine Bestätigung erhalten hat, nämlich in dem Gesetze, nach welchem die Stärke des veränderlichen Magnetismus durch die Gröfse der magnetischen oder elektromagnetischen Scheidungskraft bestimmt wird, was hier noch näher erörtert zu werden verdient.

Abhängigkeit des veränderlichen Magnetismus von der Gröfse der magnetischen oder elektromagnetischen Scheidungskraft.

Nach der vorhergehenden Theorie des Diamagnetismus soll das diamagnetische Moment eines Diamagnets der Gröfse der magnetischen oder elektromagnetischen Scheidungskraft proportional seyn. Dieselbe Proportionalität soll, nach der bisher angenommenen Ansicht von den in den Eisenmoleculen beweglichen magnetischen Fluidis, für das magnetische Moment eines veränderlichen Magnets gelten. Muß nun aber diese Ansicht, zugleich mit der Hypothese der magnetischen Fluida im Innern der Körper, verworfen, und statt dessen nach Ampère's Ansicht angenommen werden, daß die Eisenmoleculare die drehbaren Träger von beharrlichen Molecularströmen sind, so folgt daraus ein anderes Gesetz der Abhängigkeit des veränderlichen Magnetismus von der Gröfse der magnetischen oder elektromagnetischen Scheidungskraft.

Es sey nämlich Fig. 1 Taf. III NS die Axe eines unveränderlichen Molecularstroms, welcher sich um seinen Mittelpunkt C drehen kann; diese Axe sey, wenn die Scheidungskraft  $X=0$  ist, im Gleichgewichte mit ND parallel. Die Thatsache, daß beim weichen Eisen der durch eine auf das Eisen wirkende Scheidungskraft hervorgebrachte Magnetismus von selbst wieder verschwindet, sobald die Scheidungskraft zu wirken aufhört, beweist, daß der Molecularstrom, auf dessen Drehung der hervorgebrachte Magnetismus beruht, von selbst wieder in seine ursprüngliche, mit ND parallele Lage zurückgetrieben wird. Diese in der

Wechselwirkung der Eisenmolecule begründete zurücktreibende Kraft muß aber mit der Ablenkung  $AND$  wachsen und kann durch

$D \sin \varphi$  dargestellt werden, wo  $D$  eine constante GröÙe bezeichnet, welche man die *molecular Directionskraft* nennen kann. Wirkt nun auÙer dieser molecularen Directionskraft auf den Molecularstrom nach der Richtung  $NX$  die Scheidungskraft  $X$ , welche mit der Richtung der Directionskraft den Winkel  $XND = u$  einschließt, so wird der Molecularstrom dadurch um den Winkel  $AND = \varphi$  gedreht oder abgelenkt, und man hat dann zur Bestimmung der neuen Gleichgewichtslage folgende Gleichung

$X \sin u \cos \varphi = (D + X \cos u) \sin \varphi$   
oder

$$\tan \varphi = \frac{X \sin u}{D + X \cos u}.$$

Aus dieser Ablenkung  $\varphi$  läßt sich nun die Zunahme des nach der Richtung der Kraft  $X$  zerlegten *magnetischen Moments* des Molecularstroms bestimmen. Wird nämlich das ganze unveränderliche magnetische Moment des Molecularstroms mit  $\mu$  bezeichnet, so war das nach der Richtung der Kraft  $X$  zerlegte vor der Ablenkung

$$= \mu \cos u$$

nach der Ablenkung

$$= \mu \cos(u - \varphi);$$

folglich die gesuchte Zunahme  $x$

$$x = \mu (\cos(u - \varphi) - \cos u).$$

Substituirt man hierin für  $\varphi$  den durch obige Gleichung

$\tan \varphi = \frac{X \sin u}{D + X \cos u}$  gegebenen Werth, so erhält man

$$x = \mu \left\{ \frac{X + D \cos u}{\sqrt{(X^2 + D^2 + 2XD \cos u)}} - \cos u \right\}.$$

Für ein System von Molecularströmen, deren magnetische Axen beim ursprünglichen Gleichgewicht nach allen Richtungen des Raums ohne Unterschied gerichtet sind, ist die Zahl der Molecularströme, deren Axen mit der Richtung  $NX$

der Kraft  $X$  den Winkel  $u$  bilden, mit  $\sin u$  proportional zu setzen. Es soll nun das magnetische Moment  $y$  bestimmt werden, welches aus der Drehung aller Molecularströme des Systems durch die Kraft  $X$  resultirt.

Man multiplicire zu diesem Zwecke den oben gefundenen Werth von  $x$  mit  $\sin u du$  und nehme dann den Integralwerth von  $u=0$  bis  $u=\pi$ . Dieser Integralwerth, mit der Anzahl der Molecularströme  $n$  multiplicirt und mit  $\int_0^\pi \sin u du = 2$  dividirt, giebt das gesuchte Moment  $y$

$$y = \frac{n}{2} \int_0^\pi x \sin u du.$$

Durch Ausführung der Integration erhält man für  $y$  folgenden Ausdruck:

$$y = n\mu \frac{X}{\sqrt{(XX+DD)}} \cdot \frac{X^3 + \frac{1}{2}XXDD + \frac{1}{2}D^3}{X^4 + XXDD + D^4}.$$

Die Kraft, welche auf das Eisen wirkte, und durch welche das Moment  $y$  hervorgebracht wurde, war  $= X$ . Bezeichnet  $n$  die Zahl der Molecularströme in der Volumeneinheit, so hat das Verhältniß des Moments  $y$  zu der Kraft  $X$  in der Theorie drehbarer Molecularströme dieselbe Bedeutung, welche die von Neumann mit  $k$  bezeichnete magnetische Constante in der Theorie scheidbarer magnetischer Fluida hat. Substituirt man daher in der oben angeführten Neumann'schen Formel  $\frac{kX}{1+4\pi kS}$  für  $k$  den eben

gefundenen variablen Werth  $\frac{y}{X}$ , so ergibt sich das gesuchte magnetische Moment eines veränderlichen Magnets von der Form eines Rotations-Ellipsoids, auf welches sich die Neumann'sche Formel bezieht

$$= \frac{xy}{1+4\pi S \frac{y}{X}},$$

worin  $S$  den schon oben bestimmten, von dem Verhältniß der Axen des Ellipsoids abhängigen Factor bezeichnet.

Dieses, nach der Ampère'schen, im Gegensatze zu der gewöhnlich angenommenen, Ansicht sich ergebende Resultat über die *Abhängigkeit des veränderlichen Magnetismus von der Größe der magnetischen oder elektromagnetischen Scheidungskraft*, ist nun wirklich durch die von Müller gemachten, in diesen Ann. 1851 Bd. 82, S. 181 beschriebenen Versuche bestätigt worden.

## II. Versuche.

Nachdem im vorigen Abschnitte, zur leichteren Uebersicht, die über den Zusammenhang der Lehre vom Diamagnetismus mit der Lehre von dem Magnetismus und der Elektrizität gewonnenen Resultate unter dem Titel einer Theorie vorausgeschickt worden sind, soll nun in diesem Abschnitte ein kurzer Bericht von den zu ihrer Begründung ausgeführten Versuchen folgen.

### 1) Elektrodiamagnetismus und Messung des Moments eines Elektrodiamagnets.

Die bequemste Einrichtung eines *elektrodiamagnetischen Messapparats*, zur Beobachtung der *diamagnetischen Polarität*, besteht in einer galvanischen Spirale, welche vertical und symmetrisch zwischen den beiden Polen einer *hufeisenförmig* gebogenen Magnetnadel aufgestellt wird. *A* (Fig. 2 Taf. III.) stellt den Querschnitt der Spirale dar, welche symmetrisch zwischen den Polen *N* und *S* der hufeisenförmig gekrümmten Magnetnadel *NBS* liegt. Diese Magnetnadel wird von der Klemme *DE* gehalten, in deren Mitte *C* der Aufhängungsfaden befestigt ist. Fig. 3 und 4 Taf. III. stellen das Instrument in zwei Seitenansichten dar. Es ist vorthailhaft, der Spirale eine beträchtliche Länge zu geben, z. B. von 400 bis 500 Millimeter, wodurch es leichter wird, die Aufhängung der Nadel so zu reguliren, daß sie in der die Länge der Nadel halbirenden Horizontalebene schwebt, wo dann der durch die Spirale gehende Strom auf die Nadel kein Drehungsmoment ausübt. Sollte aber auch ein kleines Drehungsmoment vorhanden seyn,

so läßt sich dies leicht durch einen aus wenigen Windungen bestehenden Multiplicator *M* (Fig. 4 Taf. III.) compensiren, indem man denselben Strom hindurchleitet und ihn der Magnetnadel nähert. Zur Beobachtung der Magnetnadel ist es nothwendig, sie mit einem Spiegel, *P*, (Fig. 3 Taf. III.) zu versehen und darin mit einem Fernrohr das Spiegelbild einer entfernten Scale zu beobachten. Die Magnetnadel wird außerdem mit einem Dämpfer *QQ* (Fig. 3 Taf. III.) umgeben. Der Wismuthstab *aa*, (Fig. 3 und 4 Taf. III.) wird an einem Faden vertical in der Spirale aufgehangen; er kann gehoben oder gesenkt werden, so daß entweder, wie Fig. 3 und 4 darstellt, sein unteres Ende zwischen den beiden Polen der Magnetnadel zu liegen kommt, oder sein oberes Ende. Die Beobachtungen lassen sich am bequemsten machen, wenn durch Rollen oder Hebel die Einrichtung getroffen wird, daß der Beobachter am Fernrohr selbst durch Hebung oder Senkung des Fußes die Senkung oder Hebung des Wismuthstabs bewirken kann. Ist der Strom geschlossen und die Magnetnadel ganz in Ruhe, so hebt man den Wismuthstab und beobachtet darauf eine kleine Bewegung der Nadel. Sobald dann die Nadel ihre größte Elongation erreicht hat, wird der Wismuthstab wieder gesenkt, und die Magnetnadel bewegt sich dann schon mit größerer Geschwindigkeit zurück. Hat sie die größte Elongation nach dieser Seite erreicht, so wird der Wismuthstab wieder gehoben u. s. w. Zwischen je zwei Elongationen zeichnet man die Stellung auf, welche der Wismuthstab während der dazwischen verflossenen Zeit gehabt hat. Vertauscht man den Wismuthstab mit einem gleich langen aber sehr dünnen Eisenstabe, so kann man sich überzeugen, daß bei gleicher Stellung des Eisenstabs die Ablenkung der Nadel in der entgegengesetzten Richtung geschieht, wie beim Wismuthstabe.

Hr. Mechanikus Leyser in Leipzig hat dieses Instrument in möglichst einfacher und für den Gebrauch bequemen Weise (für 25 Thlr. ohne Fernrohr) ausgeführt, was daher zur Ausführung dieses Fundamentalversuches über

diamagnetische Polarität besonders empfohlen werden kann. Hr. Leyser hat mir über die von Hrn. Prof. Hankel und ihm im physikalischen Institute zu Leipzig damit gemachten Versuche folgendes mitgetheilt. »Es wurde ein Strom von 4 Grove'schen Elementen angewendet und der Magnet durch einen seitlich aufgestellten Multiplicator in seiner früheren Stellung erhalten, was auf 1 bis 1,5 Scalentheil gelang. Das Wismuth war chemisch rein und so aufgehängt, daß es an einem Faden auf- und abgezogen werden konnte, ohne daß der Magnet im geringsten erschüttelt wurde.

**Beobachtungen von Leyser:**

Stand des Magnets ohne Strom 492,0.

<b>Mit Strom</b>	<b>Wismuth in der Mitte</b>	<b>493,5</b>
»	oben	490,8
»	unten	499,8
»	oben	491,1
»	in der Mitte	493,8.

Hieraus ergibt sich in Uebereinstimmung mit allen andern auf ähnliche Weise ausgeführten Versuchen, daß beim *Heranziehen* des Wismuths (von der Mitte nach *oben*) der Ruhestand des Magnets auf *kleinere* Zahlen, beim *Herablassen* (von der Mitte nach *unten*) auf *größere* Zahlen verrückt wurde. Die Differenz zwischen *unten* und *oben* beträgt

+ 8,9 Scalentheile.

<b>Ohne Strom</b>	<b>Wismuth in der Mitte</b>	<b>492,0</b>
»	oben	497,2
»	unten	490,2
»	oben	498,2
»	in der Mitte	490,0

Hieraus ergibt sich *ohne Strom* eine entgegengesetzte Wirkung als mit Strom, nämlich eine Differenz zwischen *unten* und *oben* von

— 7,5 Scalentheilen.

# Beobachtungen von Hrn. Professor Hankel:

Stand des Magnets ohne Strom 496,5.

<b>Mit Strom</b>	<b>Wismuth oben</b>	<b>492,1</b>
"	unten	500,7
"	oben	491,6
"	in der Mitte	497,7.

Die Differenz zwischen unten und oben beträgt also

+8,9.

**Ohne Strom** Wismuth in der Mitte 497,5

"	oben	503,5
"	unten	498,0
"	oben	502,6
"	in der Mitte	494,8

Die Differenz zwischen unten und oben also

—5,0.

Der Wismuthstab wurde alsdann herumgedreht und es zeigte sich auch dann die nämliche Wirkung, z. B.

Stand des Magnets ohne Strom 500,0.

<b>Mit Strom</b>	<b>Wismuth oben</b>	<b>497,3</b>
"	unten	507,1
"	oben	498,0.

Die Differenz zwischen unten und oben also

+9,4.

Wurden, statt den Ruhestand jedesmal zu bestimmen, die Elongationen beobachtet, während der Schwingungsbogen durch abwechselnde Hebung und Senkung des Wismuths in der Mitte jeder Schwingung multiplicirt ward, so ergaben sich folgende Resultate:

mit Strom Wismuth in der Mitte		Elon- gation.	Schließungs- bogen.
"	oben	500,0	3,0
"	unten	497,0	16,0
"	oben	513,0	31,5
"	unten	481,5	34,0
"	oben	515,5	39,0
"	unten	476,5	43,8
"	oben	520,3	47,3
"	unten	473,0	49,0
"	oben	522,0	51,0
"	unten	471,0	55,0
"	oben	526,0	57,5
		468,5	

Ein Eisenstäbchen, an die Stelle des Wismuths gesetzt, trieb *oben* den Magnet auf *größere*, *unten* auf *kleinere* Zahlen, und dasselbe fand auch nach Umkehrung des Eisenstabes statt. Das Stativ des Instruments muß sehr schwer seyn und es eignet sich dazu sehr gut ein Serpentinsteinstück; das Wismuth muß sehr leicht beweglich und der Kupferdraht rein seyn. Aus allen Beobachtungen ergab sich, daß der Ausschlag *beim Aufziehen des Wismuths*, bei Anwendung von 4 Grove'schen Elementen 8,9 bis 9,4 Scalentheile auf *kleinere* Zahlen ging, während ein *feines Eisendrahtchen* unter gleichen Verhältnissen auf *größere* Zahlen trieb; ferner daß das angewendete Wismuthstück *ohne Strom* wie ein Eisendraht wirkte, 5 bis 7,5 Scalentheile. Bringt man die letztere Einwirkung mit in Rechnung, so ergibt sich der *diamagnetische Ausschlag des Wismuths* bei Anwendung von 4 Grove'schen Bechern im Mittel = 15,4 Scalentheile. Durch Multiplication konnte aber der Schwingungsbogen bis 57,5 Scalentheile gebracht und in dieser Größe erhalten werden, indem die Wirkung des kupfernen Dämpfers, mit welchem der Magnet umgeben war, der diamagnetischen Wirkung das Gleichgewicht hielt.

Die folgende Versuchsreihe ist mit einem von dem beschriebenen etwas verschiedenen Apparate gemacht worden; doch bedarf derselbe keiner besonderen Beschreibung, da die Verschiedenheiten von keinem wesentlichen Einfluß sind.

## Versuche mit Wismuth.

Nro. der Schwingung.	Stellung des Wismuths während der Schwingung.	Stand der Nadel am Anfang oder Ende jeder Schwingung.	Schwingungsbogen der Nadel.	Reducirter Schwingungsbogen.	Mittelwerth.
1	oben	500,0	— 40,0	— 63,4	— 61,8
2	unten	467,0	— 50,4	— 66,6	
3	oben	513,9	— 56,3	— 67,1	
4	unten	459,9	— 58,5	— 65,5	
5	oben	518,5	— 55,2	— 59,4	
6	unten	460,0	— 46,5	— 48,8	
7	oben	512,0	± 29,7		— 59,8
8	unten	471,1	± 7,0		
9	oben	489,7	— 8,9		
10	unten	494,2	15,6		
11	oben	480,9	— 30,0	— 47,5	
12	unten	498,9	— 50,4	— 66,6	
13	oben	457,0	— 57,8	— 68,5	— 56,1
14	unten	516,0	— 50,9	— 56,8	
15	oben	459,3	± 35,6		
16	unten	504,4	± 12,4		
17	oben	478,3	— 14,7		
18	unten	476,9	— 36,6		
19	oben	504,9	— 42,6	— 67,5	— 55,8
20	unten	459,6	— 39,6	— 52,3	
21	oben	499,4	— 46,6	— 55,5	
22	unten	460,1	— 51,7	— 57,9	
23	oben	513,9	— 45,9	— 49,4	
24	unten	464,2	— 50,6	— 53,1	
25	oben	506,2	— 55,2	— 57,0	
26	unten	446,9	± 44,5		
27	oben	498,0	± 15,5		
28	unten	460,0	— 16,8		
29	oben	453,1	— 29,8		
30	unten	479,8	— 40,3	— 63,9	
31	oben	446,9	— 46,0	— 60,2	— 55,8
32	unten	494,6	— 42,2	— 50,0	
33	oben	450,4	— 44,0	— 49,3	
34	unten	490,5			
	oben	442,6			

Es sind in dieser Tafel die Nadelstände, wie sie am Anfang und Ende jeder Schwingung beobachtet worden sind, in der *dritten* Columnne angegeben; in der *vierten* Columnne die zugehörigen Schwingungsbögen (im Mittelwerthe aus je zwei auf einander folgenden). Ein *positives* Vorzeichen vor dem Schwingungsbogen bedeutet, daß die Nadel bei der *oberen Stellung* des Wismuths von kleine-

ren auf grössere, oder bei der *unteren Stellung* von grösseren auf kleinere Scalentheile ging; das Umgekehrte gilt für das *negative* Vorzeichen. Nachdem die Stellung des Wismuths mehrmals regelmässig am Ende jeder Schwingung gewechselt worden war und der Schwingungsbogen seinen Gränzwertb fast erreicht hatte, wurde eine Unterbrechung dadurch hervorgebracht, dass die Stellung des Wismuths während zweier Schwingungen unverändert gelassen, darauf aber wieder regelmässig gewechselt wurde. Der *negative* Schwingungsbogen wurde dadurch plötzlich in einen *positiven* verwandelt, der aber schnell bis auf Null abnahm und sehr bald wieder in einen *negativen* überging, wodurch die Richtung der von dem Wismuth (bei seiner oberen oder unteren Stellung) hervorgebrachten Ablenkung am augenscheinlichsten hervortrat. — Zählt man die Schwingungsbögen von demjenigen an, welcher der Null am nächsten ist, so lassen sich die dem Gränzwertb am nächsten kommenden beobachteten Schwingungsbögen, mit Hülfe des bekannten *decrementum logarithmicum*, leicht auf den *Gränzwertb* reduciren und daraus ein genauerer Mittelwertb für letzteren finden: man braucht nämlich dazu den beobachteten Wertb des  $n^{\text{ten}}$  Schwingungsbogens, bei obigen Versuchen, wo das *decrementum logarithmicum* nahe  $= \log \frac{3}{2}$  war, bloß mit  $(1 - (\frac{2}{3})^n)$  zu dividiren. Hiernach ergeben sich die in der *fünften* Columnne angeführten reducirten Wertbe und die daraus gezogenen in der *sechsten* Columnne angegebenen Mittel. Aus allen diesen Beobachtungen zusammen findet man den gesuchten Gränzwertb

$$x = -58,4.$$

Aus diesem Gränzwertbe des Schwingungsbogens lässt sich die dem Gleichgewichte der Nadel entsprechende Ablenkung  $E$  ableiten, nämlich  $E = -5,93$ , oder im Mittel aus mehreren von verschiedenen Beobachtern gemachten Versuchsreihen

$$E = -5,17,$$

während für ein Eisenstäbchen von 59200 Mal kleinerem

Gewichte derselbe Werth, durch ähnliche Versuche bestimmt,

$$E = +128,4$$

gefunden wurde. Hiernach ergibt sich, nach der Reduc-  
tion auf gleiches Gewicht, der Diamagnetismus des Wis-  
muths 1470000 Mal kleiner als der Magnetismus des Eisens.  
Dieses Resultat gilt aber nur für eine bestimmte Form des  
Eisenstabs und für eine bestimmte Gröfse der auf das Eisen  
wirkenden Scheidungskraft, nämlich  $X = 629,9$ , welche aus  
der gemessenen Stromstärke und aus den Umwindungen der  
elektromagnetischen Spirale bestimmt worden ist.

## 2) Diamagnetelektricität und Messung der diamagnetisch inducirten elektrischen Ströme.

Der hier zunächst zu beschreibende diamagnetische In-  
ductionsapparat ist so eingerichtet, dafs die Induction durch  
blofse Bewegung des diamagnetischen Körpers in einer ru-  
henden Drahtspirale hervorgebracht wird, während der Dia-  
magnetismus des Körpers unverändert bleibt, wodurch ver-  
mieden wird, dafs in dem Wismuth, als Leiter, galvanische  
Ströme inducirt werden, die sonst durch eine secundäre  
Induction Wirkungen hervorbringen würden, welche mit  
den Wirkungen der diamagnetischen Induction leicht ver-  
wechselt werden könnten. Die praktische Ausführung ei-  
nes solchen diamagnetischen Inductionsapparats beruht auf  
der Anwendung einer galvanischen Spirale, durch deren  
elektromagnetische Scheidungskraft, wie oben bemerkt wor-  
den ist, ein in ihrer Mitte befindlicher Wismuthstab gleich-  
förmig diamagnetisirt und innerhalb gewisser Gränzen ver-  
schoben werden kann, ohne dabei eine Aenderung der Stärke  
seines Diamagnetismus zu erleiden.

Der zur diamagnetischen Induction benutzte Elektrodiamagnet,

Der zur diamagnetischen Induction benutzte Elektro-  
diamagnet bestand aus einem Wismuthstabe in einer langen  
Drahtspirale *A c c c c* (Fig. 5 Taf. III.), durch welche der  
Strom von 8 Bunsen'schen Kohlenzinkbechern geleitet wurde.

Der Wismuthstab war 186 Millimeter lang und wog 339300 Milligramm. Die Drahtspirale bestand aus Kupferdraht, welcher mit Wolle umspinnen und außerdem mit Guttapercha überzogen war; der reine Kupferdraht war 2,3 Millimeter dick, der aufgewundene Draht bildete 8 Lagen übereinander, jede zu 120 Umwindungen. Die ganze Spirale war 383 Millimeter lang und hatte 23,9 Millimeter inneren und 70 Millimeter äußeren Durchmesser.

#### Die Inductionsspirale.

Die *Inductionsspirale* Abbbb (Fig. 5 Taf. III.) ist diejenige Spirale, in welcher durch die Bewegung des Elektrodiamagnets ein Strom inducirt werden soll. Diese Spirale muß von der zum Elektrodiamagnet gehörigen, durch welche der Strom der galvanischen Säule geht, sorgfältig isolirt, und mit dem Multiplikator des Galvanometers, womit der inducirte Strom beobachtet werden soll, verbunden werden. Diese Spirale bestand aus einem 1 Millimeter dicken, mit Seide überspannenen Kupferdraht, welcher 3 Lagen übereinander, jede von 294 Umwindungen, bildete; die Länge der Spirale war 383, der innere Durchmesser 19, der äußere 23 Millimeter. Nachdem sie, zur besseren Isolirung, noch mit dünnem Guttapercha umwickelt worden, war sie fest in die weitere Röhre der zum Elektrodiamagnet gehörigen Spirale eingeschlossen, oder vielmehr die letztere Spirale darum gewunden.

Der wesentlichste, bei dieser Spirale in Betracht kommende, Punkt ist, daß sie ihrer Länge nach in zwei ganz symmetrische und symmetrisch gewundene Hälften zerfalle, das heißt, der Draht ist nicht der ganzen Länge nach gleichförmig in derselben Richtung fortgewunden, sondern die Spirale zerfällt ihrer Länge nach in zwei Hälften, die entgegengesetzt gewunden sind. Es ist dieses nothwendig, wenn durch die Bewegung eines diamagnetischen Wismuth- oder magnetischen Eisenstabes in dieser Spirale ein Strom inducirt werden soll; denn wird dieser inducirende Stab in die Mitte der Spirale gelegt und daselbst bewegt, so

ist

ist die von seinem nördlichen Ende in der einen Hälfte der Spirale ausgeübte Inductionskraft der von seinem südlichen Ende in der anderen Hälfte ausgeübten gerade entgegengesetzt, und die Wirkung beider würde sich aufheben, wenn beide Hälften der Spirale in gleichem Sinne gewunden wären. Durch ihre entgegengesetzte Windung wird bewirkt, daß die beiden Inductionskräfte einander nicht aufheben, sondern *verdoppeln*.

Diese zum Zwecke der Induction nothwendige Einrichtung gewährt ausserdem noch einen für die practische Ausführung der Versuche wichtigen Vortheil. Es leuchtet nämlich ein, daß der Strom der galvanischen Säule in der zum Elektrodiamagnet gehörigen Spirale zwar, so lange er *constant* ist, keine inducirende Kraft auf die Inductionsspirale ausüben könne; bei der geringsten *Änderung seiner Intensität* aber würde er in der Inductionsspirale einen Strom induciren, welcher weit stärker wäre als der diamagnetisch inducirte Strom, und die Beobachtung des letztern stören würde. Nun leuchtet aber ein, daß dieselbe Einrichtung der Inductionsspirale, durch welche bewirkt wird, daß die diamagnetische Induction in beiden Hälften dieser Spirale sich verdoppelt, zugleich eine *Aufhebung* der von dem Strome der galvanischen Säule auf die beiden Hälften der Inductionsspirale ausgeübten Inductionskräfte bewirkt, so daß, wenn nur die Symmetrie beider Hälften vollkommen ist, auch die größten Intensitätsänderungen des Stromes der Säule gar keinen Einfluß haben. Dazu kommt noch 1) daß es sehr leicht zu prüfen ist, ob diese Aufhebung wirklich genau vorhanden ist, indem man, statt kleiner Änderungen, den ganzen Strom löst oder commutirt; 2) daß, wenn es sich findet, daß diese Aufhebung nicht vollkommen ist, es sehr leicht dahin gebracht werden kann, bloß dadurch, daß das eine Drahtende der Inductionsspirale noch ein oder einige Male um die zum Elektromagnet gehörige Spirale herumgewunden wird. Es ist auf diese Weise leicht, die Wirkungen der diamagnetischen Induction von allen fremdartigen Einflüssen zu befreien.

## Die übrigen Theile des Inductionsapparats.

Ueber die Einrichtung der übrigen Theile, welche mehr oder weniger der Willkühr des Beobachters überlassen bleibt, füge ich nur folgende Bemerkungen bei. Um den Wismuthstab in der Inductionsspirale hin- und herzuschieben, verbinde ich denselben mit der Kurbel eines Rads *B* (Fig. 5 Taf. III.); damit ferner der in der Inductionsspirale bei der Zurückschiebung des Wismuthstabs inducirte Strom im Multiplicator des Galvanometers dieselbe Richtung habe wie bei der Hinschiebung, so ist am Rade ein *Commutator dd* angebracht, welcher sich mit dem Rade dreht, und durch welchen bei jeder halben Umdrehung des Rades (in dem Augenblicke, wo der Wismuthstab den Anfangs- oder Endpunkt seiner Bahn erreicht) die Verbindung der Drahtenden der Inductionsspirale mit denen des Multiplicators des Galvanometers gewechselt wird. Die hiernach immer gleiche Richtung, in welcher alle inducirten Ströme durch den Multiplicator des Galvanometers gehen, würde immer eine Ablenkung der Nadel nach derselben Seite zur Folge haben. Um nun den Beobachter in den Stand zu setzen, auch eine Ablenkung der Nadel nach der anderen Seite hervorzubringen, ist neben dem Beobachtungsrohr *E* (Fig. 5 Taf. III.) noch ein zweiter Commutator *ee* aufgestellt, welcher nur von dem Beobachter selbst gewechselt wird und der *Hülfscommutator* heißen soll. — Besondere Aufmerksamkeit ist noch darauf zu verwenden: 1) daß man die Induction mehr durch Beschleunigung der Drehung des Rades, als durch Vergrößerung der Bahn des Wismuthstabs zu verstärken suche; 2) daß kein thermomagnetischer Strom am rotirenden Commutator entstehe: man muß denselben so einrichten, daß sich nur gleiche Metalle an einander reiben. Uebrigens kann der Einfluß dieser Ströme, wenn sie sehr schwach sind, durch angemessene Combination der Beobachtungen leicht ganz eliminirt werden. — Um endlich eine ungefähre Kenntniß von der Stärke des Stroms der galvanischen Säule zu erhalten, dient eine gewöhnliche Bussole, in angemessener Entfernung von der zum Elektrodiamagnet gehörigen

Spirale so aufgestellt, daß der durch diese Spirale gehende Strom eine bequem zu messende Ablenkung hervorbringt.

Die Versuche wurden damit begonnen, daß 1) bei *normaler* Stromrichtung der Rotationscommutator in Drehung versetzt und damit zugleich der *Wismuthstab* in der Inductionsspirale hin- und hergeschoben wurde. Dabei wechselte der Beobachter bei jeder Elongation der Galvanometernadel den Hilfscommutator, bis der dadurch multiplicirte Schwingungsbogen seinem Gränzwerthe nahe gebracht war. Sodann wurde 2) dieselbe Versuchsreihe bei *umgekehrter* Stromrichtung, 3) wieder bei *normaler*, 4) bei *umgekehrter* und endlich 5) nochmals bei *normaler* Stromrichtung wiederholt. Alsdann wurde 6) der Wismuthstab mit einem dünnen *Eisenstäbchen* vertauscht und seine Induction auf gleiche Weise bei *normaler* Stromrichtung gemessen.

1) Induction des *Wismuthstabes* bei *normaler* Stromrichtung.

Nr. der Schwin- gung.	Stellung des Hilfs- commu- tators.	Stand der Nadel am Anfang und Ende jeder Schwingung.	Schwin- gungsbogen der Nadel.	Reducirt. Schwin- gungs- bogen.	Mittel- werth.	Ablen- kung der Bussole.
1	—	475,3				
2	+	472,8	+ 3,70			
3	—	477,7	+ 5,40			
4	+	471,8	+ 6,80			
5	—	479,5	+ 8,35			
6	+	470,5	+ 9,65			
7	—	480,8	+ 10,55			
8	+	470,0	+ 11,40	+ 13,20		
9	—	482,0	+ 12,25	+ 13,65	+ 13,60	32° 10' westlich
10	+	469,5	+ 12,70	+ 13,75		
11	—	482,4	+ 13,00	+ 13,80		
		469,3				

2) bei *umgekehrter* Stromrichtung.

1	+	503,5				
2	—	515,9	+ 9,50			
3	+	509,3	+ 3,65			
4	—	510,0	— 1,25			
5	+	513,2	— 4,75			
6	—	506,9	— 7,35			
7	+	515,3	— 8,90			
8	—	505,9	— 9,60	— 14,12	— 13,08	31° 50' östlich
9	+	515,7	— 9,95	— 13,10		
10	—	505,6	— 9,85	— 12,02		
		515,2				

## 3) bei normaler Stromrichtung.

Nr. der Schwingung.	Stellung des Hülfscommutators.	Stand der Nadel am Anfang und Ende der Schwingung.	Schwingungsbogen der Nadel.	Reducirt. Schwingungsbogen.	Mittelwerth.	Ablenkung der Busssole.
1	+	480,5				
2	+	471,0	- 7,15			
3	-	475,8	- 2,80			
4	-	475,0	+ 0,85			
5	+	472,5	+ 3,80			
6	+	477,6	+ 6,25			
7	+	470,2	+ 8,05			
8	-	478,9	+ 9,25			
9	+	469,1	+ 10,00	+ 13,17		
10	+	479,3	+ 10,75	+ 13,12	+ 13,06	31° 48' westlich
11	+	468,0	+ 11,30	+ 13,08		
12	-	479,3	+ 11,30	+ 12,88		
		468,0				

## 4) bei umgekehrter Stromrichtung.

1	+	501,5				
2	-	515,0	+ 10,15			
3	+	508,2	+ 4,30			
4	-	510,0	- 0,05			
5	+	511,9	- 3,40			
6	-	507,0	- 5,60			
7	+	513,3	- 7,25			
8	-	505,1	- 8,65			
9	+	514,2	- 9,65			
10	-	504,0	- 10,10	- 12,33	- 12,16	32° 13' östlich
11	+	514,0	- 10,55	- 12,21		
12	-	502,9	- 11,00	- 12,25		
13	+	513,8	- 11,30	- 12,24		
14	-	502,1	- 11,45	- 12,15		
15	+	513,3	- 11,25	- 11,76		
		502,0				

## 5) bei normaler Stromrichtung.

1	+	486,0				
2	-	461,0	- 20,40			
3	+	476,8	- 12,40			
4	-	467,8	- 6,15			
5	+	471,1	- 1,25			
6	-	471,9	+ 2,75			
7	+	467,2	+ 5,75			
8	-	474,0	+ 7,10			
9	+	466,6	+ 7,30			
10	-	473,8	+ 7,75			
11	+	465,5	+ 8,90	+ 10,86	+ 10,95	31° 39' westlich
12	-	475,0	+ 9,70	+ 11,23		
13	+	465,1	+ 10,05	+ 11,20		
14	-	475,3	+ 10,25	+ 11,10		
15	+	465,0	+ 10,15	+ 10,77		
16	-	475,0	+ 10,10	+ 10,56		
		464,8				

## 6. Induction des Eisenstabs bei normaler Stromrichtung.

Nr. der Schwingung.	Stellung des Hülfscommutators.	Stand der Nadel am Anfang und Ende jeder Schwingung.	Schwingungsbogen der Nadel.	Reducirt. Schwingungsbogen.	Mittelwerth.	Ablenkung der Busssole.
1	+	461,0				
2	—	457,2	— 15,30			
3	+	484,0	— 33,65			
4	—	443,5	— 45,60			
5	+	494,2	— 54,95			
6	—	435,0	— 62,20			
7	+	500,2	— 67,45			
8	—	430,5	— 71,50	— 84,98	— 83,876	31° 48' westlich
9	+	503,8	— 74,50	— 84,60		
10	—	428,1	— 76,90	— 84,47		
11	+	506,2	— 78,60	— 84,28		
12	—	427,1	— 79,90	— 84,16		
13	+	507,8	— 80,85	— 84,04		
14	—	426,8	— 81,10	— 83,50		
15	+	508,0	— 81,30	— 83,10		
16	—	426,6	— 81,50	— 82,85		
17	+	508,2	— 81,75	— 82,78		
		426,3				

Bezeichnet man den sehr geringen Einfluss, welchen der *thermomagnetische Strom* auf das Resultat ausübte, der Reihe nach mit  $x$ ,  $x'$ ,  $x''$ ,  $x'''$ ,  $x^{IV}$  und vernachlässigt die noch kleineren Unterschiede  $x - x'$ ,  $x' - x''$ ,  $x'' - x'''$ ,  $x''' - x^{IV}$ , so erhält man folgende Bestimmungen für den der *diamagnetischen Induction* allein entsprechenden Gränzwert, auf *normale Stromrichtung* reducirt:

$$\begin{array}{lcl}
 \text{aus } 1 & + 13,60 + x & + 13,34 \\
 2 & + 13,08 - x' & + 13,07 \\
 3 & + 13,06 + x'' & + 12,61 \\
 4 & + 12,16 - x''' & + 11,555 \\
 5 & + 10,95 + x^{IV} & 
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array}} \right\} \text{im Mittel } + 12,644$$

Aus diesem, bei *gleichförmiger Vertheilung* der (durch die Hin- und Herschiebungen des Wismuthstabs hervorgerufenen) *Inductionsstöße* auf die ganze Schwingungsdauer der Nadel gefundenen, Gränzwert, der Schwingungsbögen lässt sich nun leicht auch derjenige Gränzwert ableiten, welcher einer Concentration aller Inductionsstöße während einer Schwingungsdauer auf den Mittelpunkt der Schwingungsdauer entsprochen haben würde. Der gefundene Werth des Schwingungsbogens = + 12,644 ist zu diesem

Zwecke nur mit  $\frac{\pi}{2}$ , oder genauer mit Berücksichtigung der Dämpfung mit 1,574235, zu multipliciren, wodurch man den gesuchten Gränzwert

$$= + 19,905$$

erhält. Für den *Eisenstab* (wo alle Inductionsstöße stets im Mittelpunkte jeder Schwingungsdauer stattfanden) ist der entsprechende Gränzwert

$$= - 83,876$$

gefunden worden. Aus einer größeren Anzahl ähnlicher von verschiedenen Beobachtern ausgeführten Versuchsreihen ergibt sich im Mittel das Verhältniß dieser für *Wismuth* und *Eisen* bestimmten Gränzwerte wie

$$+ 16,956 : - 83,49.$$

Nun verhält sich die Intensität der vom *Wismuth- und Eisenstabe* inducirten Ströme diesen Gränzwerten *direct proportional*, und *umgekehrt proportional* der Zahl der Inductionsstöße während einer Schwingungsdauer, (d. i. wie

$$1 : 216,2,$$

weil bei den Versuchen mit dem *Wismuthstabe* 216,2, bei den Versuchen mit dem *Eisenstabe* nur 1 Inductionsstofs während jeder Schwingungsdauer stattfanden). Die vom *diamagnetischen Wismuthstabe* inducirten elektrischen Ströme waren also den vom *magnetischen Eisenstabe* inducirten ihrer Richtung nach entgegengesetzt, und verhielten sich ihrer Intensität nach wie

$$16,956 : 83,49 \cdot 216,2 = 1 : 1064,5,$$

ungeachtet der *Wismuthstab* 339300 Milligramm und der *Eisenstab* blofs 790,86 Milligramm wog. Hiernach kann man rechnen, daß der *Wismuthstab*, bei gleichem Gewichte mit dem *Eisenstabe*, einen 456700 Mal schwächeren Strom inducirt haben würde. Dieses Resultat gilt aber nur für eine bestimmte Form des Eisenstabs und für eine bestimmte Gröfse der auf das Eisen wirkenden Scheidungskraft, nämlich  $X=3012$ , welche aus der gemessenen Stromstärke und aus den Umwindungen der elektromagnetischen Spirale bestimmt worden ist.

3) Ueber die Abhängigkeit der Stärke des Magnetismus veränderlicher Magnete von der Gröſſe der magnetischen oder elektromagnetischen Scheidungskraft.

Aus der oben aufgestellten Theorie des Diamagnetismus, im Zusammenhange mit der Lehre vom Magnetismus, ergibt sich, daſs die in der letzteren bisher angenommene Ansicht zweier magnetischer Fluida, die sich in den Eisenmoleculen frei bewegen können (woraus die *Proportionalität* des Magnetismus mit der Scheidungskraft folgt) nicht zulässig sey, und daſs daher statt ihrer die von Ampère aufgestellte Ansicht zu setzen sey, wonach die Eisenmoleculen die drehbaren Träger beharrlicher Molecularströme sind, eine Ansicht, nach welcher *keine Proportionalität* des Magnetismus mit der Scheidungskraft stattfinden darf. Diese Folgerung der aufgestellten Theorie läſst sich an der Erfahrung prüfen, und es sind in dieser Beziehung schon oben die von Müller gemachten Versuche angeführt worden. Indessen sind andere Versuche, namentlich von Buff und Zamminer, gemacht worden, welche zu anderen Resultaten geführt haben. Vor einer neuen Wiederholung dieser Versuche sind daher die Verhältnisse näher zu prüfen, von denen eine sichere Entscheidung abhängt.

Aus den von Müller gemachten Versuchen hatte sich ergeben, daſs die Abweichung des Magnetismus *dünnere* Eisenstäbe von der Proportionalität mit der Scheidungskraft bei viel kleineren Scheidungskräften wahrgenommen werde, als die des Magnetismus *dicker* Stäbe. Es kommt daher, bei der Vergleichung der von Müller mit den von Buff und Zamminer gemachten Versuchen, in Betracht, daſs der dünnste von Müller gebrauchte Stab nur 6, der dünnste von Buff und Zamminer gebrauchte 9 Millimeter dick war, und diese Verschiedenheit der Dicke wird durch ihr Verhältniſs zur Länge noch einflussreicher, indem der dünnere Stab von Müller 330, der dickere von Buff und Zamminer nur 200 Millimeter lang war. Zu den folgenden Versuchen wurde ein noch dünnerer Stab als

der von Müller, nämlich von 3,66 Millimeter Dicke bei 100,2 Millimeter Länge und 8190 Milligramm Masse gebraucht. Auch der (von größerer Scheidungskraft hervorgebrachte) Magnetismus eines so dünnen Stabes läßt sich noch mit großer Genauigkeit durch die von ihm aus der Ferne hervorgebrachte Ablenkung eines kleinen Spiegelmagnetometers messen; die einzige Schwierigkeit besteht nur in der gehörigen Sonderung der vom Eisenmagnetismus und der von dem galvanischen Strom hervorgebrachten Wirkungen. Es leuchtet nämlich ein, daß, wenn man dieselbe galvanische Spirale zur Magnetisirung sowohl dicker als dünner Stäbe gebraucht, wie es von Müller, Buff und Zamminer geschehen ist, (abgesehen davon, daß dadurch auf die größere Scheidungskraft verzichtet wird, welche auf einen dünneren Stab wirken würde, wenn derselbe Strom in mehreren engeren Windungen um denselben herumgeführt würde), jene Scheidung bei dünnern Stäben weniger Genauigkeit gestattet, weil die unmittelbare Wirkung der Spirale dieselbe bleibt, und daher für die dünneren Stäbe verhältnißmäfsig größer als für die dickeren ist. Zu den folgenden Versuchen wurde daher eine Spirale gebraucht, welche den dünnen Stab eng umschloß, und es wurde außerdem noch die Einrichtung getroffen, daß derselbe Spiraldraht ausser diesen engen Windungen noch zwei größere Windungen bildete, welche der Strom in entgegengesetzter Richtung durchlief, und die einen ebenso großen Flächenraum umgränzten, wie alle engen Windungen zusammen genommen. Dadurch wird nach den bekannten Gesetzen des *Elektromagnetismus* bewirkt, daß der Strom unmittelbar gar keine Wirkung auf das entfernte Magnetometer ausübt, was sich auch leicht direct prüfen läßt. Die ganze am Magnetometer beobachtete Wirkung rührt dann bloß von dem *Eisenmagnetismus* her, der sich dann mit gleicher Schärfe und Genauigkeit, wie der Magnetismus beharrlicher Magnete, nach der von Gauss in der *Intensitas etc.* gegebenen Anleitung aus der gemessenen Ablenkung und aus der bekannten Stärke der erdmagne-

tischen Kraft *nach absolutem Maafse* bestimmen läfst. — Als ein wesentlicher Umstand ist noch hervorzuheben, dafs die von Müller, Buff und Zamminer gebrauchten Spiralen kürzer waren, als die dadurch magnetisirten Eisenstäbe. Bei Müller war dieser Unterschied nur gering, denn der Eisenstab ragte nur 15 Millimeter zu beiden Seiten aus der Spirale hervor; bei Buff und Zamminer war er aber viel gröfser, indem die Enden des längsten und dünnsten Stabes 45 Millimeter zu beiden Seiten aus der Spirale hervorragten. Der hiervon herrührende nachtheilige Einflufs wurde aber noch dadurch vergrößert, dafs die Länge des in der Spirale eingeschlossenen Theil blofs 110 Millimeter betrug, statt bei Müller 300 Millimeter. Dieser Umstand dürfte der Hauptgrund von der scheinbaren Differenz der Resultate seyn, zu denen diese Beobachter gelangt sind; denn es leuchtet ein, dafs die Wirkung der Spirale auf das Eisen in der Mitte am stärksten ist, nach den Enden aber abnimmt, und dafs diese Abnahme auferhalb der Spirale auferordentlich schnell wächst. Daraus folgt, dafs, wenn auch, für gröfsere Werthe der Stromstärke, die im mittleren Theile des Eisenstabes hervorgebrachte Wirkung ihrem Gränzwerthe sich näherte, eine solche Annäherung bei den auferhalb der Spirale liegenden Theilen noch keineswegs eingetreten zu seyn brauchte. Um daher diese Annäherung in allen Theilen des Eisenstabes gleichzeitig hervorzubringen, wurde bei den folgenden Versuchen eine Spirale gebraucht, welche bedeutend länger als der Eisenstab war, so dafs die von dieser Spirale (deren Durchmesser zugleich gegen ihre Länge sehr klein war) auf die Enden des Eisenstabes ausgeübte Kraft von der auf die Mitte ausgeübten nicht merklich verschieden war, wodurch allein sichere Resultate erhalten werden konnten.

Ich begnüge mich hier, ohne auf die Beschreibung der Versuche im Einzelnen einzugehen, die auf diese Weise gewonnenen Resultate in der folgenden Tafel übersichtlich zusammenzustellen, und bemerke nur, dafs jede einzelne Bestimmung auf 4 maligem Stromwechsel in der Spirale be-

ruht, wobei sich stets die größte Uebereinstimmung ergab, zum Beweise, daß die Coërcitivkraft des Eisens der Genauigkeit der Messung dabei keinen Eintrag that. Die nach bekannten Regeln in der Tafel gemachte Zurückführung des Eisenmagnetismus auf *absolutes Maafs* bedarf keiner weiteren Erläuterung. Auch die Stromstärke ist mit Hülfe einer Tangentenbussole nach *absoludem Maafse* bestimmt und dabei auch die von dem Verhältniß der Nadellänge zum Durchmesser des Ringes abhängige Correction berücksichtigt worden. Aus der so bestimmten *Stromstärke*, aus der *Zahl der Windungen* und den *Dimensionen* der Spirale wurde endlich die *Größe der auf das Eisen wirkenden Scheidungskraft* berechnet, und nach demselben Maafse, nach welchem die Stärke der erdmagnetischen Kraft ausgedrückt wird, in der *zweiten Columnne* der folgenden Tafel unter *X* angegeben. Der gefundene *Eisenmagnetismus M*, mit der in Milligrammen ausgedrückten Masse des Eisens,  $p=8190$ , dividirt und dadurch *auf die Masseneinheit reducirt*, ist in der *dritten Columnne* unter *m* angeführt.

Nr.	X.	m.
1	658,9	911,1
2	1381,5	1424,0
3	1792,0	1547,9
4	2151,0	1627,3
5	2432,8	1680,7
6	2757,0	1722,7
7	3090,6	1767,3
8	3186,0	1787,7
9	2645,6	1707,9
10	2232,1	1654,0
11	1918,7	1584,1
12	1551,2	1488,9
13	1133,1	1327,9
14	670,3	952,0

Durch diese Versuche wird das von Müller gefundene Resultat bestätigt, und es bleibt nur näher zu erörtern übrig, ob die hier gefundene Veränderlichkeit der Stärke des Eisenmagnetismus bei verschiedener Größe der auf das Eisen wirkenden Scheidungskraft mit dem Gesetze über-

einstimme, welches am Ende des ersten Abschnitts aus der Annahme einer bestimmten Drehbarkeit der Molecule abgeleitet worden ist. Ist dieses der Fall, so leuchtet von selbst ein, daß man mit Ampère annehmen kann, daß diese drehbaren Molecule die Träger von Molecularströmen sind, wodurch die Erklärung von der Entstehung und den Veränderungen des Eisenmagnetismus ganz unabhängig von der Annahme magnetischer Fluida gemacht und auf die bloße Annahme beweglicher elektrischer Fluida zurückgeführt wird.

Nach der (am Ende des ersten Abschnitts gemachten) Annahme einer bestimmten Drehbarkeit der Molecule wird die Beschaffenheit eines jeden Körpers in magnetischer Beziehung durch zwei Merkmale bestimmt, nämlich 1) durch das Product des magnetischen Moments eines Molecules (nach der Richtung seiner magnetischen Axe) in die Zahl der Molecule des Körpers; 2) durch die mit dem Namen der molecularen Directionskraft bezeichnete Constante. Jenes Product ist oben mit  $n\mu$ , diese Constante mit  $D$  bezeichnet worden. Setzt man nun für Eisen

$$n\mu = 2324,68$$

$$D = 276,39,$$

wobei die Zahl der Molecule  $n$  auf die Masseneinheit bezogen werden möge; so ergibt sich aus den am Ende des ersten Abschnitts gegebenen Formeln, wenn sie auf die Masseneinheit (statt auf die Volumeneinheit) bezogen werden, wobei die Dichtigkeit des Eisens  $= 7,78$  und der Zahlenfactor  $S$  für den 100,2 Millimeter langen und 3,66 Millimeter dicken Stab  $S = \frac{1}{249}$  zu nehmen ist, folgende Tafel zusammengehöriger Werthe von  $X$  und  $m$ .

X.	m.
658,9	948,4
1381,5	1387,0
1792,0	1533,0
2151,0	1623,5
2432,8	1685,0
2757,0	1742,2
3090,6	1791,2
3186,0	1803,4
2645,6	1723,6
2232,1	1644,8
1918,7	1568,9
1551,2	1452,9
1133,1	1276,8
670,3	957,5

Man sieht, daß diese berechneten Werthe von den Werthen der vorigen Tafel, welche durch Beobachtung erhalten worden, wenig abweichen.

Nach denselben Formeln ergibt sich ferner für dasjenige *Eisenstäbchen*, für welches unter Nr. 1 der Werth von  $m$  durch Vergleichung *magnetischer Wirkungen* 1470000 Mal größer als für Wismuth gefunden worden ist, wobei  $X=629,9$  war:

$$m=2134;$$

folglich für *Wismuth*

$$\text{für } X=629,9 \quad m = \frac{2134}{1470000} = \frac{1}{689}.$$

Dagegen ergibt sich für dasjenige *Eisenstäbchen*, für welches unter Nr. 2 der Werth von  $m$  durch Vergleichung der *Inductionswirkungen* 360740 Mal größer als für Wismuth gefunden worden ist, wobei  $X=3012$  war,

$$m=2305,4;$$

folglich für *Wismuth*

$$\text{für } X=3012 \quad m = \frac{2305,4}{360740} = \frac{1}{156,5}.$$

Hiernach wäre also der Wismuthdiamagnetismus, bei 4,8 Mal stärkerer Scheidungskraft  $X$ , 4,4 Mal größer erhalten worden, d. i. *nahe proportional*, ungeachtet die eine Bestimmung auf einer Vergleichung der magnetischen, die andere

auf einer Vergleichung der Inductionswirkungen beruht. Hierdurch wird der Satz bestätigt, daß

die Inductionswirkungen zu den magnetischen bei diamagnetischem Wismuthe sich ebenso verhalten wie bei magnetischem Eisen.

Wird der Diamagnetismus nach demselben absolutem Maafse wie der Magnetismus bestimmt, so ergibt sich endlich die Stärke des Diamagnetismus von 1 Milligramm Wismuth unter dem Einfluß der Scheidungskraft  $X=1$ ,

$$= \frac{1}{452000},$$

die Stärke des Magnetismus von 1 Milligramm Eisen unter dem Einfluß der Scheidungskraft  $X=1$ ,

$$= 5,6074,$$

d. h. der Magnetismus eines dünnen Eisenstäbchens übertrifft den Diamagnetismus einer gleichen Wismuthmasse, wenn auf beide kleine und gleiche Scheidungskräfte wirken, etwa  $2\frac{1}{2}$  Millionen Mal. Für dickere Eisenstäbe und größere Scheidungskräfte ergibt sich diese Zahl kleiner.

## II. Ueber die Polarität des Wismuths, nebst einer Untersuchung des magnetischen Feldes; von John Tyndall.

(Philosoph. Magaz. Ser. IV. Vol. II. p. 133.)

1. Die Polarität des Wismuths ist ein Gegenstand, über welchen die Physiker uneins waren und es noch sind. Auf der einen Seite haben wir Weber, Poggendorff und Plücker, welche diese Polarität nachgewiesen zu haben glauben, auf der anderen Seite Faraday, welcher zwar nicht das Gegentheil behauptet, sich aber auf eine Untersuchung beruft, die sicher berechnet ist, die etwaige Ueberzeugung von den Resultaten jener Physiker zu mo-

dificiren. Jeder, welcher sich experimentell mit dem Diamagnetismus beschäftigt hat, wird wahrscheinlich zugeben, daß die einfache Methode, den zu untersuchenden Körper sich um eine durch seinen Schwerpunkt gehende Axe drehen zu lassen, wo sie anwendbar ist, in Bezug auf Empfindlichkeit allen übrigen voransteht. Ein Kalkspathkrystall z. B. an einem feinen Faden zwischen den Polen aufgehängt, zeigt, selbst in einem Felde von schwacher Kraft, sein Richtungsvermögen leicht; während der Nachweis jener eigenthümlichen Abstossung der Masse, welche die Ursache der Richtung ist, bei der feinsten Torsionswaage, auch bei hoher Kraft, bedeutende Schwierigkeit hat<sup>1)</sup>. Diese Be-

- 1) *Phil. Mag. Ser. IV. Vol. II. p. 175* (Annal. Bd. 83, S. 398). — Es gereicht mir zu vielem Vergnügen hier auf die folgende Bemerkung des Prof. W. Thomson in seinem Aufsatz »Ueber die Theorie der magnetischen Induction« (*Phil. Mag.* 1851 März) verweisen zu können. »So würde« — schreibt er — »eine Kugel aus reinem Kalkspathkrystall, welche sich mit ihrer optischen Axe winkelrecht gegen die Kraftlinien zu drehen trachtet, und als Ganzes von Orten stärkerer Kraft zu Orten schwächerer zu gehen sucht, das letztere Streben stärker steigen, wenn die optische Axe winkelrecht auf den Kraftlinien ist als wenn sie ihnen parallel liegt; weil, nach §. 8 des Textes, der Krystall winkelrecht gegen die optische Axe die größte Inductionscapacität oder die kleinste Capacität für diamagnetische Induction haben muß oder (da die Sprache des Textes streng algebraisch ist, wenn es negative Größen betrifft). Es ist mir nicht bekannt, daß dieser specielle Schluss von irgend einem Experimentator geprüft worden sey, etc. — Seit das Obige geschrieben wurde, ist die Differentialwirkung des Kalkspaths nachgewiesen; und als ich vor einigen Tagen Hrn. Thomson's Aufsatz sorgfältiger durchlas, gewann ich die Ueberzeugung, daß seine Theorie mit meinen Versuchen vollkommen übereinstimmt. Ich fürchte indess, daß ich seine Meinung nicht ganz verstehe, denn sein Schluss steht nicht nur im Widerspruch mit den Resultaten meiner Untersuchung, sondern auch mit dem Versuch des Hrn. Faraday. Ich schreibe dies mit einigem Mißtrauen, da die Art, wie Hr. Thomson den Versuch des Hrn. Faraday anführt, beweist, daß er das Resultat desselben klar verstehe. Die Abstossung, welche eine Kalkspathkugel an irgend einem besonderen Punkt erleidet, kann, glaube ich, als ein richtiges Maass ihrer »Tendenz« sich aus diesem Punkt zu bewegen, angesehen werden; allein es ist gezeigt worden, daß eine Kalkspathkugel, wenn ihre optische Axe parallel den Kraftlinien (parallel der Axe des sie abstossenden wei-

trachtungen, verbunden mit dem Umstand, daß ich ein Stück Wismuth besaß, dessen eigenthümliche Structur eine neue Untersuchung der Frage über die diamagnetische Polarität gestattete, sind die Veranlassungen zu gegenwärtiger kurzer Untersuchung gewesen.

2. Im December 1847 hat Professor Poggendorff in der Academie der Wissenschaften zu Berlin einen Aufsatz über die »Diamagnetische Polarität« gelesen, in welchem derselbe zu dem Resultat gelangt, daß ein Wismuthstab, der in aequatorialer Lage horizontal zwischen zwei Magnetpolen hängt, transversal magnetisch ist, und zwar nordpolar an der dem Nordpol, südpolär an der dem Südpol zugewandten Seite, so daß die Polarität der des Eisens entgegengesetzt ist, übereinstimmend mit der anfänglichen Vermuthung Faraday's.

3. Die dabei angewandte Methode war folgende. Der Wismuthstab hing in einem Gewinde von Kupferdraht, mit seiner Axe winkelrecht gegen die Windungen desselben. Das Gewinde stand zwischen den einander zugewandten Magnetpolen, so, daß die Axe desselben winkelrecht gegen die die Pole verbindende Linie war. Das Wismuth nahm die gewöhnliche aequatoriale Lage an, und seine Länge fiel also mit der Axe des Gewindes zusammen. Als ein elektrischer Strom durch das letztere gesandt wurde, wurde der Stab in einer gewissen Richtung schwach abgelenkt, und bei Umkehrung des Stroms erfolgte eine schwache Ablenkung in entgegengesetzter Richtung. Die Ablenkung war gemäß der Voraussetzung, daß der Nordpol des Mag-

chen Eisenkerns) liegt, eine Abstossung = 57 erfährt, während sie, wenn ihre optische Axe winkelrecht gegen die Kraftlinie ist, nur die Abstossung = 51 erleidet. (S. a. a. O. p. 176. — Ann. Bd. 83, S. 399). Die »Tendenz« von stärkeren zu schwächerem Kraft-Orten zu gehen, ist daher, wenn die optische Axe den Kraftlinien parallel liegt, stärker als wenn sie winkelrecht auf ihnen steht, — ein Schluß, genau umgekehrt wie der des Hrn. Thomson. Ich muß daher wiederholen, entweder, daß ich Hrn. Thomson mißverstehe, oder daß durch einen verzeihlichen Irrthum, vielleicht durch einen Druckfehler, die Worte »parallel« und »winkelrecht« mit einander verwechselt worden sind

nets einen Nordpol im Wismuth, und der Südpol des ersten einen Südpol im letzteren erregt hatte.

4. Man sieht sogleich einen bedeutenden mechanischen Uebelstand damit verknüpft, daß der Abstand zwischen den Polen des Transversalmagnets sehr klein war, nur so viel als der Durchmesser des Stabes betrug. Könnte man bewirken, daß ein Stück Wismuth, statt aequatorial, sich axial stellte, so würde eine mechanische Vorrichtung von weit größerer Kraft der Wirkung des umgebenden Stroms ausgesetzt seyn. Nun ist wohl bekannt, daß das Wismuth sich im Magnetfelde mit der Ebene der leichtesten Spaltbarkeit aequatorial stellt, und darnach wäre es möglich, daß, wenn ein Wismuthstab mit der gedachten Spaltungsebene winkelrecht gegen seine Länge erhalten werden könnte, die Richtkraft desselben hinreichen würde, die Tendenz seiner Enden, von stärkeren zu schwächeren Stellen der magnetischen Wirkung zu gehen, zu überwältigen und den Stab axial zu stellen. Nach wiederholten Schmelz- und Abkühlungsversuchen im Laboratorium des Prof. Magnus in Berlin gelang es mir, eine Wismuthplatte zu erhalten, in welcher die Ebene der leichtesten Spaltbarkeit winkelrecht gegen die Seitenfläche der Platte, und sich überall vollkommen parallel war. Aus dieser Platte wurde ein kleiner Cylinder von 1 Zoll Länge und 0,2 Zoll Durchmesser geschnitten und darauf horizontal zwischen den erregten Polen aufgehängt; er drehte sich stark in die axiale Lage, verhielt sich also anscheinend ganz wie ein Eisenstab.

5. Etwa 100 Fufs Kupferdraht, mit Seide übersponnen, wurden zu einem Gewinde von solchen Dimensionen aufgewickelt, daß darin der Cylinder frei schwingen konnte; durch einen kleinen Schlitz in der Wölbung des Gewindes wurde ein Seidenfaden hinabgelassen und daran der Stab befestigt; damit die Fäserchen der Seide die Bewegung des Stabes nicht hindern möchten, wurde das Gewinde inwendig mit dünnem Papier ausgeklebt.

6. Das Gewinde wurde zwischen die flachen Pole eines Elek-

Elektromagnets gestellt, so, daß die Windungen von Pol zu Pol gerichtet waren. Nachdem zuvor ermittelt worden, daß der Stab vollkommen horizontal hing und sich ohne Hinderniß bewegte, wurde der Magnet durch zwei Bunsen'sche Zellen erregt. Sogleich stellte der Stab sich axial also parallel den Windungen. Nun wurde der Strom einer Batterie von sechs Zellen durch das Gewinde gesandt, so daß er dasselbe in der oberen Hälfte vom Süd- zum Nordpol des Magnets durchlief. Der einen Augenblick zuvor bewegungslose Stab wurde abgelenkt, so daß er an der Gränze seiner Schwingung einen Winkel von  $70^{\circ}$  mit seiner früheren Lage machte. Bei einem Winkel von etwa  $35^{\circ}$  mit der axialen Linie kam er endlich zur Ruhe.

7. Gesehen vom Süd- zum Nordpol des Magnets oder in Richtung des Stromes oberhalb des Stabes hatte sich das dem Südpole zugewandte Ende des Stabes links begeben.

8. Nachdem der Strom in dem Gewinde unterbrochen, und der Stab wieder in der axialen Lage zur Ruhe gebracht worden war (was natürlich durch geeignetes Oeffnen und Schließen der Kette sehr erleichtert wird), wurde durch dasselbe ein Strom in entgegengesetzter Richtung gesandt, d. h. vom Nord- zum Südpol. Das früher links abgelenkte Ende des Stabes wich nun um eine gleiche Gröfse rechts ab. Ich habe diesen Versuch oftmals und an verschiedenen Tagen mit demselben Erfolge angestellt.

9. In diesem Fall blieb der den Magnet erregende Strom in seiner Richtung constant, und der in dem Gewinde, welches den Wismuthcylinder umgab, wurde verändert. Dieselben Erscheinungen zeigen sich, wenn man den letzteren constant läßt, und den ersteren umkehrt.

10. Eine Polarwirkung scheint hier unzweifelhaft angezeigt zu seyn; allein wenn man eine Polarität einräumt, muß man annehmen, daß der Nordpol des Magnets einen Südpol im Wismuth, und der Südpol des Magnets einen Nordpol im Wismuth erzeuge; denn aus der Richtung des Stroms und der begleitenden Ablenkung ist ersichtlich, daß

das Wismuth sich genau so verhielt, wie eine zwischen den Polen frei schwebende Magnetnadel sich unter gleichen Umständen verhalten haben würde.

11. Der Wismuthstab wurde nun entfernt und, statt seiner, ein kleiner Stab von magnetischem Schiefer aufgehängt; er stellte sich axial. Bei der Sendung eines Stroms durch das Gewinde wurde er eben so abgelenkt wie das Wismuth. Statt des Schiefers wurde darauf ein kleiner Eisenstab innerhalb des Gewindes aufgehängt. Der rückständige Magnetismus, welcher nach Aufhebung des erregenden Stroms in dem Magnet verblieb, war hinreichend den Stab axial zu stellen. Ich sandte einen sehr schwachen Strom durch das Gewinde und beobachtete die Ablenkung; sie war genau so wie beim Wismuth und Schiefer.

12. Da diese Resultate verschieden waren von denen des Hrn. Poggendorff, so wiederholte ich seinen Versuch mit aller möglichen Sorgfalt. Ein Stab von gewöhnlichem Wismuth, einen Zoll lang und etwa 0,2 Zoll im Durchmesser, wurde innerhalb des Gewindes aufgehängt. Bei Erregung des Magnets ging er zum Aequator und kam dort endlich zur Ruhe. Die Axe des Stabes coïncidirte also mit der Axe des Gewindes. Bei Sendung eines Stroms durch das letztere, ward der Stab deutlich abgelenkt. Gesetzt ein Beobachter stünde vor dem Magnet, den Nordpol rechts und den Südpol links; als dann durch die obere Hälfte des Gewindes ein Strom vom Nord- zum Südpol gesandt wurde, wich das dem Beobachter zugewandte Ende des Wismuths nach dem Nordpol hin ab. Bei Umkehrung des Stroms wich dasselbe Ende nach dem Südpol hin. Diefß scheint ganz mit dem früheren Versuch übereinzustimmen. Hing der Stab aequatorial zwischen den erregenden Polen, so waren, in der Annahme einer Polarität, die gegenüberliegenden Enden aller seiner horizontalen Durchmesser entgegengesetzt polarisirt. Heften wir unsere Aufmerksamkeit auf einen dieser Durchmesser und nehmen an, das dem Nordpol des Magnets zugewandte Ende sey südpolär, und das dem Südpol zugewandte Ende nordpolär, so wird das

Verhalten dasselbe seyn, welches sich wirklich zeigte; denn die Ablenkung eines, im gleichen Sinn wie eine Magnetnadel, *polarisirten Durchmessers* ist der Bewegung des Stab-Endes, wie sie im Versuch beobachtet wurde, *aequivalent*.

13. Die folgende Probe scheint noch feiner zu seyn als irgend eine bisher angewandte. Bisher haben wir angenommen, das Gewinde liege so zwischen den Polen, daß die Richtung der Windungen parallel sey der diese Pole verbindenden Linie. Nehmen wir nun an, es sey um 90° gedreht, so daß die Axe des Gewindes mit der Verbindungslinie zusammenfalle. In dieser Lage sind die Ebenen der Windungen parallel den Ebenen, in welchen sich gemäß der Ampère'schen Theorie die Molecularströme des Magnets bewegen; und wir haben es in unserer Macht, durch das Gewinde einen Strom in gleicher oder entgegengesetzter Richtung mit diesen Molecularströmen zu senden. Gesetzt, der zuerst untersuchte Stab hange in dem Gewinde und nehme die axiale Lage zwischen den Polen ein, so wird ein im Gewinde den Molecularströmen des Magnets entgegengesetzt laufender Strom, nach den Ansichten der zuvor genannten deutschen Physiker, gleiche Richtung mit den im Wismuth erregten Strömen haben. Solch ein Strom dürfte daher keinen ablenkenden Einfluß auf den Stab ausüben, vielmehr müßte er den Stab noch mehr in seiner axialen Lage zu halten suchen. Ein Strom dagegen, dessen Richtung mit der der Molecularströme eines Magnets zusammenfiel, müßte dem im Wismuthstab erregten entgegengesetzt seyn, und folglich diesen ablenken.

14. Ich hing den zum ersten Versuch genommenen Stab in dem Gewinde auf und ließ ihn in der axialen Lage zur Ruhe kommen. Ein Strom von gleicher Richtung mit den Molecularströmen eines Magnets wurde durch Gewinde gesandt; allein es war nicht die geringste Ablenkung des Stabes sichtbar. Als jedoch der Strom in entgegengesetzter Richtung hindurchgesandt wurde, erfolgte eine sehr deutliche Ablenkung. Durch Unterbrechen des Stroms, wenn

der Stab das Ende seiner Schwingung erreichte, und durch Oeffnen, wenn er durch die axiale Linie ging, konnte die Wirkung bis zu dem Grade verstärkt werden, daß der Stab eine volle Drehung um seine Aufhängungsaxe machte. Das Resultat ist dem obigen Schlusse schnurstracks zuwider; denn hier verhielt sich das Wismuth wie der Eisenstab.

15. Diese Versuche scheinen die Theorie, welche Hr. v. Feilitzsch in seinem Briefe an Hrn. Faraday vorgetragen hat<sup>1)</sup> vollkommen zu unterstützen. Derselbe bemüht sich, die diamagnetische Wirkung durch die Hypothese zu erklären, daß ihre Polarität gleich sey mit der des Eisens, »nur mit dem Unterschiede, daß in einem Stab von magnetischer Substanz die Intensität der Vertheilung auf die Molecule *wachse* von den Enden nach der Mitte, während sie in einem Stabe aus diamagnetischer Substanz *abnehme* von den Enden nach der Mitte.« So weit ich indeß einsehe, bedingt die Schlußfolgerung des Hrn. v. Feilitzsch die Voraussetzung, daß in einem und demselben Molecule die Pole von ungleichem Werthe seyen, daß der eine eine größere Intensität als der andere habe, eine Voraussetzung, deren Aufnahme in die Speculationen der meisten Physiker wohl einige Schwierigkeit finden möchte. Eine besondere *richtende* Wirkung könnte durch die von Hrn. v. Feilitzsch angenommene Vertheilung des Magnetismus wohl erklärt werden; allein wie sich die Abstofsung der ganzen Masse eines Wismuthstabs mit der Idee einer Polarität wie die des Eisens vereinbaren lasse, dazu sehe ich bis jetzt keinen Weg.

16. Während dieser Untersuchungen, schwebte mir eine Beobachtung des Hrn. Faraday beständig vor. »Es scheint mir — schreibt er<sup>2)</sup>, — daß manche der Resultate, die als auf einen polaren Zustand deutend angesehen wurden, nur Folgen des Gesetzes seyen, daß diamagnetische

1) *Phil. Mag. Ser. IV. Vol. I. p. 46.* (Siehe d. Ann. Bd. 82, S. 90.)

2) *Ib. Ser. III. Vol. XXXVII p. 89.* (Reihe XXIII. §. 2642, diese Ann. Bd. 82, S. 76.)

Körper von stärkeren zu schwächeren Wirkungsstellen zu gehen suchen.“ Daraus entsprang nun die Frage, ob nicht die verschiedenen beobachteten Wirkungen sich durch eine von dem elektrischen Strom bewirkte Aenderung des Magnetfeldes erklären lasse. Die Vertheilung der magnetischen Intensität zwischen den Polen wird vielleicht am klarsten durch Fig. 16 auf Taf. I. (*des vorigen Bandes*). Sey  $AB$  der Abstand zwischen den Polflächen. Stellt man die Intensität an jedem Punkt von  $AB$  als eine Ordinate dieses Punktes vor, so wird die Linie, welche die Enden aller dieser Ordinaten verbindet, die magnetische Vertheilung ausdrücken. Angenommen diese Linie sey  $cde$ . Von  $A$  aus, nimmt die Intensität der Anziehung zu dieser Fläche bis nach der Mitte  $d$  ab, und an diesem Punkt wird sie durch die gleiche und entgegengesetzte Anziehung zu  $B$  aufgehoben. Jenseits  $d$  ist die Anziehung zu  $A$  negativ, d. h. sie hat nun die Richtung  $dB$ . Der Punkt  $d$  ist für eine diamagnetische Kugel eine Lage stabilen Gleichgewichts, für eine magnetische Kugel die eines instabilen. Wenn aber durch Einführung irgend eines fremden Agens die Vertheilungslinie verschoben wird, z. B. nach  $c'd'e'$  so wird der Punkt  $d$  nicht mehr eine Gleichgewichtslage seyn; die diamagnetische Kugel wird sich von diesem Punkt nach  $d'$ , und die magnetische nach dem Pole  $A$  bewegen.

17. Um zu untersuchen, ob eine derartige Veränderung im Magnetfelde stattfindet, wenn ein elektrischer Strom dasselbe durchschneidet, befestigte ich ein Kügelchen von kohlensaurem Eisenoxydul am Ende eines Stäbchens von leichtem Holz, balancirte es durch ein am anderen Ende befestigtes Kupferstück und hing das Stäbchen horizontal an einem Seidenfaden auf. Durch Befestigung des Fadens an einem beweglichen Aufhängepunkt konnte das Kügelchen in das Innere eines Gewindes gebracht werden, so daß es zwischen den Polen schwebte und das Magnetfeld wie ein Fühler (*feeler*) durchwandern konnte. Da das Gesetz seiner Wirkung darin besteht, daß es von schwächeren zu stärkeren Kraft-Orten geht, so haben wir darin ein

leichtes und einfaches Mittel, die relative Stärke der verschiedenen Wirkungspunkte zu erforschen. Der Punkt des Stäbchens, an welchem der Faden befestigt war, wurde von der Axe des Gewindes geschnitten und die Kugel befand sich in gleichem Niveau mit der Axe. Bei Erregung des Magnets, ging der Stab in die Lage der vollen Linie Fig. 17 Taf. I. (*des vorigen Bandes*) und legte sich an das Innere des Gewindes ein wenig vom Rande. Als ein Strom durch das Gewinde gesandt wurde, welcher in der oberen Hälfte die Richtung des Pfeils hatte, verließ die Kugel ihre Lage, wanderte langsam durch das Feld und kam in der Lage der getüpfelten Linie zur Ruhe. Wenn, während dieser Wanderung, die Richtung des Stroms in dem Gewinde oder die des Stroms, der den Magnet erregte, umgekehrt ward, wurde die Kugel gehemmt und in ihre ursprüngliche Lage zurückgebracht. Hatte die Kugel die Lage der getüpfelten Linie und man sandte durch das Gewinde einen Strom in der dem Pfeile entgegengesetzten Richtung, so ging dieselbe ebenso in die Lage der vollen Linie.

18. Nun wurde die Kugel vom entgegengesetzten Rande her in das Gewinde eingeführt (Fig. 18 Taf. I *des vorigen Bandes*). Nach Erregung des Magnets kam der Balken in der Lage der vollen Linie zur Ruhe, und als ein Strom in Richtung des Pfeils durch das Gewinde gesandt wurde, bewegte sich die Kugel gegen den Nordpol und kam in der Lage der getüpfelten Linie zur Ruhe. Wurde der Strom des Magnets oder der des Gewindes umgekehrt, während die Kugel in dieser Lage war, so ging sie zurück; dagegen blieb sie stillstehen, wenn beide Ströme gleichzeitig umgekehrt wurden <sup>1)</sup>).

19. Aus diesen Thatfachen lernen wir, dafs wenn das Magnetfeld in vier Stücke getheilt ist, wie in Fig. 19 Taf. I. (*des vorigen Bandes*), und es ein Gewinde enthält, in wel-

1) Eine Bunsen'sche Zelle zeigte sich hinreichend; bei hoher Magnetkraft war die durch den Strom bewirkte Aenderung nicht genügend, das Stäbchen abzulenken.

welchem oberhalb der elektrische Strom die durch den Pfeil angegebene Richtung besitzt, die Kraft im ersten und dritten Quadranten geschwächt und im zweiten und vierten verstärkt wird. Mit Hülfe dieses einfachen Factums können wir jeden mit Wismuthstäben angestellten Versuch erklären. In (12) z. B. fand sich, daß wenn ein Beobachter vor dem Magnet steht, den Nordpol zu seiner Rechten, den Südpol zu seiner Linken, ein durch die obere Hälfte des Gewindes vom Nord- zum Südpol gehender Strom einen zuvor aequatorial schwebenden Stab von gewöhnlichem Wismuth so ablenkt, daß das dem Beobachter zugewandte Ende sich gegen den Nordpol bewegt, Diefs Verhalten erhellt aus der Constitution des Magnetfeldes; der Stab stellt seine Enden in die Quadranten 1 und 3 d. h. in die Lage der schwächsten Kraft.

20. Die Versuche 7 und 8 mit dem anderen Stabe sind ebenso leicht erklärlich. Unter Beibehaltung der Anordnung der letzten Figur wurde der Wismuthstab, der zuvor axial lag, durch den umgebenden Strom so abgelenkt, daß seine Enden die Quadranten 2 und 4 einnahmen, d. h. die Lagen der stärksten Kraft. Nun ist diefs genau das, was sie vor dem Durchgang eines Stroms durch das Magnetfeld thaten, denn der Stab stellte sich axial. Hr. Faraday zeigte zuerst, daß die Masse eines Wismuthkrystalls am stärksten abgestoßen wird, wenn die Repulsivkraft parallel den Ebenen des leichtesten Blätterdurchgangs wirkt; und die stärkere Abstößung dieser Ebenen veranlaßt, daß sie im Magnetfelde immer die Lage einnehmen, wo die Kraft ein Minimum ist. Die aequatoriale Stellung dieser Ebenen veranlaßt die axiale Stellung des hier betrachteten Stabes. Die Spaltbarkeits-Ebenen sind hier die wahren Anzeigerinnen und wir sehen, daß wenn diese sich in den ersten und dritten Quadranten oder in die Linie der schwächsten Wirkung begeben, die Enden des Stabes, der Beobachtung gemäß, nothwendig den zweiten und vierten einnehmen müssen.

21. Mittelst der kleinen Probekugel läßt sich auch die

Aenderung untersuchen, welche, wie in dem von Hrn. Faraday angeführten Plücker'schen Versuche <sup>1)</sup>, ein Eisenstäbchen im Magnetfelde hervorbringt. Nach Fortnahme des Gewindes aus dem Magnetfelde konnte sich darin das Kügelchen frei von Pol zu Pol bewegen. Als der Magnet erregt worden, ging die Kugel langsam zu dem ihr nächsten Pol und kam daran zur Ruhe. Durch Zwang in die Mitte gebracht, ging sie, nach momentaner scheinbarer Unschlüssigkeit, mit gewisser Eile zu dem einen oder andern Pole, und diese Eile wurde bedeutend verstärkt, wenn, während sie in der Mitte war, ein Eisenstab darunter gebracht ward. Ueber der Mitte des Stabes gab es für die Kugel eine Lage instabilen Gleichgewichts, aus welcher sie, je nach Umständen, rechts oder links mit stark vergrößerter Schnelligkeit abwich. Die Kraftvertheilung scheint in diesem Fall eine Aenderung erlitten zu haben, welche durch die Linie *gef* Fig. 20 Taf. I. (des *vorigen* Bandes) vorgestellt wird. Von der Mitte aus nach den Polen nimmt die Kraft (*Tension*) rasch zu, und davon ist der schnelle Gang eines Wismuthstabs nach dem Aequator hin, wie ihn Plücker beobachtete, eine Folge.

22. Nimmt man als Wirkungsgesetz für ein magnetisches Kügelchen an, daß es von schwächeren zu stärkeren Kraft-Orten zu gehen sucht, so findet man, daß ein elektrischer Strom, der in beschriebener Weise durch das »Feld« geht, dasselbe so modificirt, daß die Lagen seiner beiden Diagonalen ungleiche Werthe in Bezug auf die Kraftvertheilung bekommen, indem der Theil des Feldes, welcher von der die Quadranten 1 und 3 (Fig. 19) halbirenden Diagonale durchschnitten wird, schwächer ist als derjenige, durch welchen die 2 und 4 halbirende Diagonale geht. Allein hier kann der Anhänger der diamagnetischen Polarität Protest einlegen gegen den Gebrauch, welchen wir von der Voraussetzung gemacht haben. Er kann sagen: »Ich gebe zu, daß in einem einfachen Magnetfeld, wie es vor einem Pole oder ringsum denselben besteht, Eure

1) *Philosoph. Mag. Ser. III. Vol. 37, p. 104. (Ann. Bd. 82, S. 239.)*

Annahme, daß eine magnetische Kugel von schwächeren zu stärkeren Wirkungsorten gehe, richtig sey; allein in einem Felde, wohin zugleich mehre Pole ihre Kräfte senden, drückt das Gesetz den Sachverhalt keineswegs genügend aus. Stellt man zwei ungleichnamige Pole von gleicher Kraft neben einander dicht an eine Eisenmasse, so ist es Thatsache, daß fast keine Anziehung stattfindet, und ebenso wirken sie auch nicht abstoßend auf ein Stück Wismuth. Warum? Vernichten die Magnetstrahlen einander, um populär zu reden, durch eine Art von Interferenz, ehe sie den Körper erreichen, oder erregt der eine Pol im Körper einen gewissen Zustand, auf welchen der andere Pol entgegengesetzt wirkt, so daß beide Pole einander genau aufheben? Im ersteren Fall räume ich ein; daß das Magnetfeld durch die Einführung eines zweiten Pols geschwächt wird, ja alle Kraft verliert; allein im letzteren Fall müssen wir dem Felde zwei Kraftsysteme beilegen, und den Mangel an Anziehung oder Abstoßung herleiten von der besonderen Inducirbarkeit des Körpers, vermöge welcher das eine System das andere neutralisirt. Diefs einmal zugegeben, ist die Frage von der diamagnetischen Polarität bejahend entschieden.

23. Unser hypothetischer Freund erwähnt als einer »Thatsache« (*experimental fact*) daß, wenn ungleichnamige Pole von gleicher Stärke auf Wismuth wirken, keine Abstoßung stattfindet. Diefs ist Reich's Resultat, welches ich sorgfältig geprüft und bestätigt gefunden habe. Ich will nun zeigen, welche Gründe die Anhänger der diamagnetischen Polarität zur Stütze der Behauptung des Letzteren vorbringen könnten. Ich hing eine magnetisirte Nähnadel an einem Ende auf, und liefs sie mit dem andern in den hohlen Raum eines 12 pfündigen aufrechten Kupfergewindes hinab und gegen die Innenwand desselben ruhen. Als ich einen Strom in gewisser Richtung durch das Gewinde sandte, wurde die Nadel nach der Axe desselben gestofsen, und wenn ich das nämliche Ende der Nadel einen halben Zoll über der *Außenfläche* des Gewindes aufhing, ward es

stark nach demselben hingezogen. Bei Umkehrung des Stroms, wurde das Ende der Nadel nach der Innenfläche des Gewindes gezogen, aber von der Außenfläche abgestoßen. Angenommen, ein Männchen schwimme in Richtung des Stroms entlang, mit seinem Gesicht gegen die Axe des Gewindes, so würde die Außenfläche desjenigen Endes, gegen welches sein *linker* Arm ist, den Nordpol einer Magnetonadel abstoßen, während die Innenfläche desselben Endes denselben Pol anziehe. Die complementären Erscheinungen würden das andere Ende des Gewindes zeigen. Denken wir uns also zwei Beobachter, den einen innerhalb, den anderen außerhalb des Gewindes, so würde ein und dasselbe Ende dieses letzteren für den einen ein Nordpol und für den anderen ein Südpol seyn.

24. Wenden wir diese Thatfachen auf den Fall an, wo ein Gewinde im Magnetfelde ist, so sehen wir, daß jeder Pol des Magnets zwei entgegengesetzte Pole des Gewindes neben sich hat, und wir finden überdies, daß die Quadranten, welche wir die stärksten nannten, diejenigen sind, wo die Pole des Magnets und des Gewindes gleichnamig sind, während in den Quadranten, welche wir die schwächsten nannten, die Pole des Magnets und des Gewindes ungleichnamig sind.

25. Wofür entscheidet Ihr Euch? fragt unser hypothetischer Freund. »Entweder müßt Ihr die Schwächung eines Quadranten einer magnetischen Interferenz zuschreiben, oder Ihr müßt folgern, der inducirte Zustand, worin er auch bestehe, welcher die Abstossung des Wismuths durch den Magnet veranlaßt, bewirke die Anziehung desselben durch das Gewinde, und die Resultante sey der Unterschied beider Kräfte.« In derselben Weise erklärt sich die Verstärkung eines Quadranten dadurch, daß hier der inducirte Zustand, welcher die Abstossung des Wismuths durch den Magnet veranlaßt, auch die Abstossung durch das Gewinde bewirke, und die Resultante die Summe beider Kräfte sey. Die Sache wird noch deutlicher durch einen Hinweis auf Reich's Versuche<sup>1)</sup>. Er fand, daß

1) *Philos. Mag. Ser. III. Vol. 34 p. 127.* (Ann. Bd. 73, S. 60.)

wenn ein Bündel Magnetstäbe auf eine am Ende einer Torsionswaage hängende Kugel gerichtet wurde, eine sehr deutliche Abstofsung stattfand, sobald die hingewendeten Pole alle gleichnamig waren; dafs dagegen keine Abstofsung eintrat sobald dieselben zur Hälfte aus Nord-, zur Hälfte aus Südpolen bestanden. Denken wir uns diese beiden Hälften nach einander auf die Kugel gerichtet, so wird dieselbe von der ersten Hälfte fortgestofsen werden, bei der zweiten aber wieder sich nähern und in die anfängliche Lage kommen. Die Frage, concentrirt sich also in folgende: Entspringt diese »Annäherung« daraus, dafs die Magnetkräfte der beiden Hälften einander vernichten bevor sie die Kugel erreichen, oder daraus, dafs die Inductionen im diamagnetischen Körper selbst sich compensiren? Eine Kugel von weichem Eisen, an einem Drahte hängend, wird von einem Nordpol aus der Lothlinie abgelenkt; bringt man aber dicht an diesen Nordpol den Südpol eines ebenso starken Magnets, so kehrt die Kugel in die Lothlinie zurück. Ist dieß Zurückgehen Folge einer Compensation der Magnetisirung (*inductions*) der Kugel selbst oder nicht? Im ersteren Fall müssen wir auf eine ähnliche Compensation beim Wismuth schliessen.

26. Dafs Wismuth und überhaupt diamagnetische Körper eine Polarisirung (*Induction*) erleiden, geht, glaube ich, aus folgender Betrachtung einleuchtend hervor. Die Stärke eines Magnets wird practisch ermittelt durch den mechanischen Effect, welchen er auf einen Körper von einem constanten Magnetismus, z. B. auf eine gehärtete Stahlnadel, hervorzubringen vermag. Die Kraft, mit der ein Magnet eine solche Nadel aus dem Meridiane treibt, kann ausgedrückt werden durch ein Gewicht, welches an dem Ende eines Hebels von gewisser Länge wirkt. Durch leichte practische Regeln läfst sich leicht ermitteln, wann der Stofs eines Magnets das Doppelte oder die Hälfte vom Stofse eines anderen ist, und in solchem Falle werden wir sagen, dafs der erstere doppelt oder halb so stark wie der letztere sey. Wenn jedoch diese beiden Magnete mit ihren so

festgesetzten Kräften auf eine Kugel von weichem Eisen gerichtet werden, so wird die Anziehung des einen das Vierfache oder das Viertel von der des anderen seyn. Da die Stärke der Magnete jedoch im Verhältniß 1:2 steht, so kann das Verhältniß 1:4 bei der Anziehung nur erklärt werden, wenn man die von der Kugel selbst gespielte Rolle in Betracht zieht. Wir sind genöthigt, die Kugel als einen erregten Magnet zu betrachten, dessen Kraft proportional sey der des erregenden. Wäre der Magnetismus der Kugel eine constante Größe, so könnte ein Magnet von doppelter Kraft nur eine doppelte Anziehung bewirken; allein da der Magnetismus der Kugel thatsächlich sich direct wie die magnetisirende Quelle verhält, so werden wir unvermeidlich zu dem Gesetz der Quadrate geführt; und umgekehrt führt uns das Gesetz der Quadrate zu dem Schluß, daß die Kugel magnetisirt (*induced*) worden sey.

27. Diefs klingt wie Wahrheit; räumt man aber diefs ein, so kann man dem Schluß nicht ausweichen, daß diamagnetische Körper polarisirt (*induced*) werden, denn es ist durch Hrn. E. Becquerel und mich selbst <sup>1)</sup> bewiesen worden, daß die diamagnetischen Körper genau demselben Gesetze folgen wie die magnetischen, für beide das Gesetz der Quadrate gültig ist. Wäre die Abstofsung des Wismuths das Resultat einer auf die Masse allein ausgeübten Kraft, ohne Polarisation (*Induction*) <sup>2)</sup>, so müßte

1) *Phil. Mag.* 1851, *Sept.* (Ann. Bd. 83, S. 384.)

2) Das Wort *Induction*, obwohl es häufig für Magnetisirung und Diamagnetisirung gebraucht wird, ist hier vermieden, um es aufzusparen für den Fall, für welchen es im Deutschen zuerst gebraucht wurde, wo nämlich elektrische Ströme erregt werden, die durch die Masse eines Körpers gehen, nicht auf die Theilchen oder Molecule beschränkt sind. Damit soll indeß nicht gesagt seyn, daß Polarisation, in den obigen Fällen, die einzig richtige Uebersetzung von *Induction* sey; denn das Gesetz der Quadrate bei der Abstofsung diamagnetischer Körper könnte sehr wohl ohne Polarisation bestehen, wenn nur sonst der in diesen Körpern erregte Zustand, seiner Intensität nach, proportional ginge der erregenden Ursache.

die Abstossung, bei einer constanten Masse, nothwendig der Stärke des Magnets proportional seyn. Allein sie ist proportional dem Quadrat der Stärke und folglich muß sie ein Product der Polarisation (*Induction*) seyn.

28. Um die magnetischen Erscheinungen begreiflich zu machen, sind von den Physikern verschiedene Vorstellungen (*imagery*) ersonnen worden. So haben wir die »magnetischen Fluida« von Poisson und die »Kraftlinien« von Faraday, und für die ersteren hat Prof. W. Thomson neuerlich eine »imaginäre magnetische Materie« substituiert. Die Vertheilung dieser »Materie« in einer Masse weichen Eisens, auf die ein Magnet einwirkt, hat Anziehung zum Erfolg. Für das Wismuth haben wir auch ein Bild nothwendig. Denken wir uns, die zwei magnetische Materien, welche bei Induction eines Stücks Eisen vertheilt werden, verwechselten ihre Orte, so haben wir eine Vertheilung, welche die Erscheinungen des Wismuths veranlaßt. Es ist also unnöthig, für die diamagnetischen Körper eine neue Materie aufzustellen, da das Verhalten durch eine Eigenthümlichkeit der Vertheilung erklärt wird. Reich's Versuche, welche zeigen, daß die von einem Pol erregte Materie von einem ungleichnamigen nicht abgestoßen wird, nöthigt uns überdies zu der Annahme zweier Arten von Materie, und dieß ist, wenn ich's recht verstehe, Polarität.

29. Während dieser Untersuchung änderte ich meine Meinung zu oft, um meinen jetzigen Schluss überschätzen (*to be over-confident*) zu können. Eine Zeitlang war ich ein aufrichtiger Anhänger von Hrn. Faraday's Meinung, daß es keinen Beweis von diamagnetischer Polarität gebe; und wenn ich jetzt von dem großen Manne abweiche, so geschieht es mit dem redlichen Wunsch belehrt zu werden, sofern ich unbewußt zu Fehlschlüssen oder zu Mißverständnissen der Thatsachen verleitet worden bin.

III. *Erklärung der diamagnetischen Wirkungsweise  
durch die Ampère'sche Theorie;  
von Dr. v. Feilitzsch, Professor in Greifswald.*

Erste Abhandlung.

1. Die bisher aufgestellten theoretischen Ansichten über das Wesen des Diamagnetismus und des Magnetismus gingen alle darauf hinaus, daß man zwei entgegengesetzte Wirkungsweisen der Magnetkraft auf verschiedene Substanzen oder deren kleinste Theilchen annahm. Gegen diese Ansichten sträubte sich, wenn ich so sagen darf, mein physikalisches Gefühl, ich versuchte eine andere Erklärungsweise <sup>1)</sup>, gegründet auf die Annahme qualitativ gleicher Zustände der kleinsten Theilchen sowohl während der diamagnetischen, als während der magnetischen Erregung. Ich sollte aber von der Unzulänglichkeit derselben überzeugt werden. Doch blieb es mir unvereinbar mit den älteren Ansichten, daß das sonst stark magnetische Eisen in den Blutkörperchen und im gelben Blutlaugensalz diamagnetisch werden sollte; daß Eisen und Sauerstoff — beide magnetisch — sich zu dem schwach magnetischen Eisenoxyd verbinden sollen; daß der magnetische Sauerstoff mit vielem Stickstoff im Stickoxyd verbunden noch magnetische Eigenschaften zeigt, während die geringe Menge Stickstoff in der Salpetersäure ihn diamagnetisch macht; daß der magnetische Sauerstoff sich im magnetischen Felde vom diamagnetischen Stickstoff nicht trennt; ja daß magnetische wie diamagnetische Gase im magnetischen Felde nicht einmal eine Volumenänderung zeigen; daß Wismuth einmal diamagnetische, und unter anderen Bedingungen magnetische Polarität zeigt u. s. w. So kam ich immer wieder auf meine Ansicht von gleichen Molecularzuständen in beiden Erregungsweisen zurück und unternehme

1) Pogg. Ann. Bd. 82, S. 90.

es im Folgenden meine früheren Ansichten zu rechtfertigen und zu vervollständigen.

#### Gränze der Berechtigung der Ampère'schen Theorie.

2. Als in den *Archives des sciences phys. et nat.* T. 16, p. 50 (Janv. 1851) meine theoretischen Untersuchungen über die Erscheinungen des Diamagnetismus einer kritischen Beurtheilung unterworfen wurden, hieß es u. a. »M. v. F. a construit, pour appuyer sa théorie, plusieurs hélices électro-dynamiques de différentes manières, afin de représenter et d'imiter par conséquent ainsi la distribution des courants électriques telle qu'il la conçoit dans les corps diamagnétiques, aussi bien que dans les magnétiques, admettant par conséquent comme Ampère, que les propriétés magnétiques des corps sont dues à des courants électriques moléculaires.« — Da hierdurch die Berechtigung der Ampère'schen Theorie überhaupt in Zweifel gezogen wird, liegt es mir ob, darzuthun, warum ich jene Untersuchungen auf diese Theorie gründete, und wieweit ich zugestehe, daß die magnetischen (und diamagnetischen) Erscheinungen durch dieselbe erklärt werden können. Dieses bedingt jedoch, daß ich, dem Plan meiner Untersuchungen vorgehend, diejenigen Ansichten darlege, welche ich mir über das Wesen des Magnetismus bis jetzt gebildet habe, und welche zu beweisen oder zu widerlegen das Endziel meiner Gesamtuntersuchungen in diesem Gebiete bezeichnen.

3. Die bekannten Erscheinungen des Magnetismus lassen sich unter folgende Kategorien zusammenfassen.

#### I. Erscheinungen der polaren Anziehung und Abstoßung

- 1) Polare Wirkung eines Magneten auf einen andern Magneten.
- 2) Polare Wirkungen eines Magneten auf einen galvanischen Strom.

#### II. Erscheinungen der Induction von galvanischen Strömen in geschlossenen Leitern durch einen Magneten

ten von veränderlicher Kraft (z. B. bei Annäherung und Entfernung).

### III. Erscheinungen der Induction von Magnetismus durch einen Magneten in magnetischen Substanzen,

1) sowohl bei veränderlicher Kraft des Magneten, als auch

2) bei constanter Kraft (z. B. während der Ruhe in benachbarten magnetischen Substanzen).

Darf die Drehung der Polarisationssebene durch den Magnetismus oder den galvanischen Strom schon als hervührend von einem magnetischen Molecularzustand betrachtet werden, so würde diese Aeufserung unter die Nr. III. aufgestellte Kategorie fallen.

4. Die Ampère'sche Theorie erklärt nun die magnetischen Erscheinungen bekanntlich durch die Annahme, daß die kleinsten Theilchen eines Magneten von galvanischen Strömen immer in demselben Sinne umflossen seyen. In Wahrheit lassen sich auch die unter I und II aufgeführten Kategorien von Erscheinungen nachbilden, wenn man statt des Magneten ein geeignetes Aggregat von thätigen Ampère'schen Spiralen substituirt. Versucht man jedoch, bei den Erscheinungen unter Nr. III, statt einer unpolaren magnetischen Substanz ein Aggregat unthätiger Ampère'scher Spiralen zu substituiren, so werden dieselben *nicht* magnetisch durch einen benachbarten Magneten (oder ein benachbartes Aggregat thätiger Spiralen) von constanter Kraft. Ja sie erhalten sogar durch einen Magneten von veränderlicher Kraft den entgegengesetzten Magnetismus von dem, den eine magnetische Substanz erhalten würde.

Nehmen wir nun auch mit Ampère an, daß in den unpolaren magnetischen Substanzen (z. B. im weichen Eisen) die kleinsten Theilchen von ungeordneten galvanischen Strömen umkreist werden, und daß ein benachbarter Magnet die Polarität in sofern hervorruft, als er die Ströme ordnet, so müßte die Entfernung, bis zu welcher wir den Magneten der magnetischen Substanz annähern einen ganz anderen Einfluß haben, als sie in Wahrheit äufsert. In

mä-

mäßigem Abstände beider müßten sich nämlich sämtliche Ströme schon geordnet haben, oder nach einiger Zeit ordnen, und eine größere Annäherung könnte alsdann keine stärkere Polarität in der magnetischen Substanz mehr hervorrufen. Im Gegentheil beobachten wir aber eine beständige Verstärkung der Polarität mit der Annäherung. Diese Annahme würde auch bedingen, daß die Schichten der magnetischen Substanz, welche dem inducirenden Magneten zunächst stehen, ein stärkeres magnetisches Moment haben müßten als die entfernteren. Ganz im Gegentheil ist aber bekanntlich das magnetische Moment in einem Eisenstabe in der Mitte am stärksten, wenn auch die Erregung von beiden Enden her durch zwei ungleichnamige Magnetpole bewirkt wird.

5. Das Wesen des Magnetismus ist sonach nothwendig ein anderes, als das durch die Ampère'sche Theorie vorgezeichnete. Nichts desto weniger lassen sich aber durch die nach derselben construirten Vorrichtungen, die unter I und II genannten Erscheinungen *nachahmen*. Da es uns bei einer Erklärung der diamagnetischen Wirkungsweise namentlich auf diese beiden Kategorien ankommt, so dürfen wir wohl der Hoffnung Raum geben, daß auch die analogen Erscheinungen des Diamagnetismus sich werden auf die Ampère'schen Gesetze zurückführen lassen.

6. Doch zogen wir die Grenzen zu eng. Mehr noch als die bezeichneten Analogien bestärkt mich nämlich ein innerer Grund, der Ampère'schen Theorie eine höhere Bedeutung beizulegen, als die der bloßen Nachahmung bekannter Erscheinungen.

Gleich nach der Entdeckung des Galvanismus erhob sich zwischen den Begründern dieser Wissenschaft ein Streit, ob der galvanische Strom der Vitalität oder der Elektrizität zu danken sey. Fragen wir unpartheiisch, auf wessen Seite die größere Berechtigung lag, so werden wir antworten, daß Volta nur deswegen seine Meinung überzeugender machen konnte, weil er zu seiner Erklärung der mystischen Lebenskraft nicht bedurfte. Jetzt, wo

wir wissen, daß durch chemische Thätigkeit, und durch (dunkle wie leuchtende) Wärme galvanische Ströme erzeugt werden, und wo wir ferner wissen, daß, gleichviel aus welcher Ursache dieselben entsprungen sind, sie umgekehrt Elektricität, chemische Thätigkeit und Wärme hervorbringen — jetzt dürfte wohl die Frage erlaubt seyn: Ist denn der galvanische Strom ein elektrischer, oder ist er ein chemischer, oder ist er ein Wärmestrom? Oder — und dieses halte ich für das Wahrscheinlichste — ist er keines von allen dreien? Es ist mehr als möglich, daß Elektricität, Chemismus, Wärme und wohl auch andere Agentien in gewissen dazu geeigneten Substanzen Molecularvibrationen zu erregen im Stande sind, welche sich nach den Gesetzen der Wellenbewegung fortpflanzen und in dieser Weise die Erscheinungen des galvanischen Stromes zeigen.

7. Diese Erscheinungen beobachten wir aber entweder I) auf dem *Wege* des galvanischen Stromes — wie die chemischen, Licht- und Wärmewirkungen, oder wir beobachten sie II) *in der Nähe dieses Weges* als äußere oder secundäre Wirkungen desselben. Die letzteren sind nun wiederum entweder 1) polare Aeußerungen auf eine benachbarte Magnetenadel oder einen benachbarten galvanischen Strom, oder aber sie bestehen 2<sup>a</sup>) in einer Erzeugung von neuen galvanischen Strömen, wenn solche in paralleler oder schiefer Richtung gegen die ursprüngliche Bahn zu Stande kommen können, und 2<sup>b</sup>) in einer Erzeugung von Magnetismus (oder Diamagnetismus), wenn wir die Wirkungen an einem benachbarten Körper senkrecht zur Richtung der ursprünglichen Strombahn beobachten.

Betrachtet man aber den galvanischen Strom als das Resultat von Molecularvibrationen irgend welcher Art, so ist es consequent anzunehmen, daß diese Vibrationen sich nach außen fortpflanzen, und sonach muß man namentlich auch den Magnetismus als das Resultat von Molecularvibrationen betrachten. Die Vibrationen des Magnetismus würden aber aus denen des galvanischen Stroms

entstehen, wenn man die Bewegungen derselben senkrecht zur Richtung der Fortpflanzung zerlegt.

Nehmen wir z. B. an, die kleinsten Theilchen eines von einem galvanischen Strome durchflossenen Drahtes bewegen sich analog den Lichtvibrationen in den Ebenen senkrecht zur Richtung der Fortpflanzung des Stromes, d. i. senkrecht zur Axe des Drahtes, und winden wir denselben in einer Spirale um einen Eisenkern, so würden die kleinsten Theilchen des letzteren in der Richtung der Axe des so entstandenen Magneten vibriren.

8. Es mag dahin gestellt seyn, wie weit wir den Magnetismus so als eine Resultante von galvanischen Einzelwirkungen betrachten dürfen. Dieses jedoch zugestanden werden wir stets Magnetismus erhalten müssen, wenn wir den galvanischen Strom unter Bedingungen darbieten, die uns jene Resultante verschaffen. Diese Bedingungen zeichnet uns aber die Ampère'sche Theorie vor.

Andererseits werden wir eben so sicher Modificationen wahrnehmen, wenn wir eine Summe von Componenten — hier ein Ampère'sches Aggregat von galvanischen Strömen — beobachten, oder wenn uns die Resultante ihrer Wirkungen, vermittelt durch ein drittes — hier die kleinsten Theilchen des Eisenkernes — entgegentritt. Beobachten wir ja auch ähnliche Modificationen des Schalles und der Wärme, wenn sie einerseits direct das Ohr und die Thermosäule treffen, oder wenn andererseits ihre Wirkung durch einen Resonanzboden oder eine thermale Substanz vermittelt wird.

9. Mögen auch diese Anschauungen noch weit von einer beweisenden Durchführung entfernt seyn, immerhin veranlassen sie, die Ampère'sche Theorie etwas höher zu achten, als eine bloße Nachahmung gewisser Aeufserungen des Magnetismus. Und das war die gewichtigere Ursache, warum ich bei einer Theorie des Diamagnetismus die Ampère'sche Theorie zu Grunde legte, und in dem Folgenden zu Grunde legen werde.

## Hypothesen.

10. Ehe ich jedoch zu den weiteren Untersuchungen übergehe, möge ein kurzer Ueberblick derjenigen Hypothesen vorangestellt werden, die zur Erklärung dienen sollen:

Zuvörderst betrachte ich die Körper als ein Aggregat kleinster Massentheilchen, welche in bestimmter, je nach der Substanz anderer, Entfernung von einander abstehen, und eine bestimmte, je nach der Substanz andere, Gröfse (und Form?) haben. Diese kleinsten Massentheilchen sind identisch mit denen, die zur chemischen Atomenlehre Veranlassung geben.

11. Die schlichte Annahme kleinster Massentheilchen findet ihre Rechtfertigung ebensoweit als die Atomtheorie überhaupt; vielleicht aber gewähren gerade die folgenden Untersuchungen eine neue Stütze für die vorläufig gemachte Annahme. — Ueber die Form der kleinsten Theilchen haben sich innerhalb der Atomtheorie verschiedene Meinungen geltend gemacht. Entweder nimmt man an, sie haben die Form der Krystalle, in denen die Substanz vorkommt, oder sie seyen durchweg Kugeln, oder sie haben diejenige Gestalt, welche man erhält, wenn man eine ungestört abgelagerte Substanz nach ihren Spaltungsflächen zerlegt (Haüy's *Molecules integrantes*). Die große Wichtigkeit, welche die Richtungen geringerer Cohäsion in akustischer, optischer, thermischer und elektrischer Beziehung schon hatten, und neuerdings ganz besonders durch das magnetische Verhalten der Körper bekamen, veranlaßt mich der letztern Meinung beizutreten. Die Molecularform, und namentlich die der Elemente, welche ich zunächst im Auge habe, reducirt sich durch diese Annahme auf das Prisma und das Tetraëder.

Die folgenden Untersuchungen behalten übrigens ihre gleiche Gültigkeit, abgesehen von der Form, welche man den kleinsten Theilchen beilegen mag; doch veranlassen sie zu der Erwartung, daß weitere Forschungen in diesem Gebiete sicherer über die schwebenden Fragen entscheiden

werden, als es von irgend einer andern Seite her geschehen kann.

12. Was die relative Gröfse und Entfernung der kleinsten Theilchen betrifft, so haben sich bekanntlich zwei Ansichten gebildet. Die eine leugnet die Zwischenräume zwischen den Theilchen und giebt ihnen ein Volumen  $v$ , das man erhält, wenn man das Atomgewicht  $a$  dividirt durch das specifische Gewicht  $s$  einer Substanz, also

$$v = \frac{a}{s}.$$

Die andere Annahme setzt die Gröfse der kleinsten Theilchen dem Atomgewicht derselben proportional und statuirt Zwischenräume. Nun aber wirkt die Schwerkraft auf alle Substanz gleichmäfsig, es kann also eine Verschiedenheit des Gewichtes der Atome nur von einer verschiedenen Gröfse derselben herrühren, und sonach mufs ihr Volumen dem Atomgewicht proportional seyn. Ferner werden wir durch Porosität, Elasticität, Zusammendrückbarkeit, Ausdehnung und Zustandsveränderung in Folge der Wärme, durch das optische und chemische Verhalten der Körper, namentlich aber durch eine in gewissen Richtungen verschiedene Cohäsion, wie sie sich durch die Blätterdurchgänge kundgiebt, genöthigt, die kleinsten Theilchen in einer gewissen Entfernung von einander stehend uns zu denken. Aus diesen Gründen neige ich mich der letzten Annahme zu. Ist demnach die Gröfse eines Wasserstoffatoms  $= v_A$ , so findet sich die Gröfse des Atoms irgend eines andern Elementes

$$v_x = v_A \cdot a,$$

wenn  $a$  das Atomgewicht dieses Elementes bedeutet und das des Wasserstoffs  $= 1$  gesetzt wird. Der zu diesem Atom gehörige leere Raum  $v$ , ergäbe sich sonach, wenn man von dem ganzen, dem Atom zugehörigen Raume

$v = \frac{a}{s}$  die letztere Gröfse abzieht, also

$$v_x = v - v_x = \frac{a}{s} - v_A \cdot a.$$

13. Die so definirten kleinsten Massentheilchen denke ich mir als die Träger der magnetischen (diamagnetischen) Kräfte. Diese Theilchen mögen nun aber aus einer eisenmagnetischen, diamagnetischen oder sauerstoffmagnetischen Substanz bestehen: sicher sind sie *qualitativ gleich befähigt, durch äussere Induction eine normale magnetische Polarität anzunehmen*. Dafs sie auch quantitativ die gleiche Fähigkeit haben, ist wahrscheinlich, doch mag es einstweilen dahingestellt bleiben, bis messende Versuche darüber Aufschlufs gegeben haben werden.

14. Der magnetische oder diamagnetische Zustand ist aber den kleinsten Theilchen nicht innewohnend, sondern wird ihnen durch verschiedene Einflüsse ertheilt; der Act dieser Ertheilung möge mit *Induction* bezeichnet werden. Schon auf dem Standpunkte, den ich bei meiner früheren Abhandlung noch einnahm, unterschied ich eine zweifache Induction. Einmal erfahren die kleinsten Theilchen eines Körpers eine Induction von ausen (z. B. durch Bestreichen mit einem Magneten, durch den galvanischen Strom, durch die Nachbarschaft eines Magnetpoles u. s. w.) und diese möge fortan die *äussere magnetische Induction* genannt werden. Ferner erfahren die von ausen inducirten Theilchen eine verstärkende oder schwächende Wirkung durch die ihnen benachbarten Theilchen desselben Körpers, und diese möge fortan die *magnetische Molecularinduction* genannt werden.

15. Was die äussere magnetische Induction betrifft, so wollen wir uns z. B. einen Körper in der Nähe eines Magnetpoles denken. Jedes kleinste Theilchen wird dadurch so magnetisirt, dafs es den gleichnamigen Pol dem äusseren abwendet, den ungleichnamigen ihm aber zukehrt. Wirkte diese Induction nun allein, so würden diejenigen Theilchen, welche dem äusseren Pol näher stehen eine stärkere Wirkung von ihm erfahren, also auch in dem Maafse eine stärkere Polarität annehmen, als die entfernteren.

16. Zu dieser äusseren Induction kommt aber noch die magnetische Molecularinduction, deren Wirkung eine

verschiedene ist, jenachdem die inducirenden Theilchen in der Richtung der magnetischen Axe oder senkrecht zu derselben gegeneinander liegen. Den Einfluss der Molecularinduction haben wir uns analog demjenigen zu denken, den benachbarte Magnetstäbe auf einander ausüben.

Um einen Begriff von der Molecularwirkung in der Richtung der Axe zu erhalten, mag eine Reihe von Magnetstäben in immer gleichem Sinne aneinandergelegt werden, so dass der Nordpol eines Magneten den Südpol des nächstfolgenden berührt. Unter diesen Umständen wird die Polarität aller einzelnen Magnete verstärkt werden; voraussichtlich ist aber die Kraftzunahme für die mittelsten Stäbe am grössten, für die an den Enden liegenden die geringste. Uebertragen wir dieses auf die kleinsten Theilchen desselben Magneten, so finden wir, dass die den Polen zunächst liegenden die schwächste, die in der Mittellinie befindlichen die stärkste Polarität besitzen müssen.

Legen wir aber eine Anzahl von Magnetstäben wie in den magnetischen Magazinen so nebeneinander, dass alle Nordpole sich zu einem gemeinschaftlichen Nordpol, und alle Südpole zu einem gemeinschaftlichen Südpol vereinigen, so erhalten wir ein Bild von der Molecularinduction derjenigen Theilchen, welche senkrecht zur Richtung der Axe nebeneinander liegen. Wenn sich vorher die Magnetstäbe gegenseitig verstärkten, so schwächen sie sich jetzt gegenseitig, und zwar erleiden die mittelsten den grössten, die peripherischen den geringsten Kraftverlust. Uebertragen wir diese Thatsache wiederum auf die kleinsten Theilchen desselben Magneten, so ist ersichtlich, dass wir in der Mitte einer zur Axe senkrechten Schicht den geringsten, an der Peripherie hingegen den stärksten Magnetismus wahrnehmen werden.

17. Diese Molecularinduction kann aber eine *Function der Substanz* der kleinsten Theilchen seyn, gerade wie gut gehärtete Stahlmagnete anders auf einander wirken, als weniger gehärtete. Dennoch führt uns gerade diese Analogie darauf, vorläufig anzunehmen, dass die Substanz blofs einen

Einfluss hat auf die längere oder kürzere Zeit, die nothwendig ist, um die Molecularinduction zur vollständigen Wirkung kommen zu lassen. Ingleichen ist es denkbar, dass die Molecularinduction eine *Function der Gestalt* der kleinsten Theilchen wäre, doch fehlen, um hierüber zu entscheiden, die Analogien noch mehr als im vorigen Falle.

Sicherlich ist aber die Molecularinduction eine *Function der absoluten Grösse* der Theilchen, doch lässt sich auch hierüber noch nicht einmal ein ungefährer Begriff bilden. Am entschiedensten können wir jedoch darüber urtheilen, dass dieselbe eine *Function der Entfernung* der Theilchen von einander sey. Die in der vorigen Nummer betrachteten Wirkungen verschiedener Magnetstäbe aufeinander werden nämlich immer stärker ausfallen, je näher wir dieselben an einander legen, und immer schwächer, je grössere Zwischenräume wir zwischen denselben statuiren, gleichviel, ob wir die Stäbe in axialer oder in aequatorialer Richtung gegeneinander legen. Wir dürfen uns demnach wohl für berechtigt halten anzunehmen, dass auch die Molecularinduction immer schwächer ausfällt, durch je grössere Zwischenräume die kleinsten Theilchen der Körper von einander getrennt sind. Wären wir nun im Stande, die kleinsten Theilchen eines Eisenstückes immer weiter und weiter von einander zu entfernen, so würden wir eine in dem Maasse immer geringere Molecularinduction wahrnehmen, und bei einer gewissen sehr grossen Entfernung würde dieselbe verschwindend klein seyn.

In Stahlmagneten, die nach dem Magnetisiren längere Zeit unbeankert gelegen haben, wirkt blofs noch die Molecularinduction. Aus den Untersuchungen des Hrn. van Rees <sup>1)</sup> geht hervor, dass in solchen Magneten die Intensität der Schichten von den Polen nach der Mitte zunimmt, wie die Ordinaten einer Parabel  $\alpha + \beta x^2$  oder besser wie die in einer Kettenlinie. Diese Untersuchungen geben also ein treues Bild von der Wirkungsweise der Molecularin-

1) Pogg. Ann. Bd. 70, S. 1 und Bd. 74, S. 213.

duction in der Richtung der Axe, bei derjenigen Entfernung der kleinsten Theilchen, wie sie im Stahl statthat. — In Elektromagneten wirkt auſser der Molecularinduction auch noch die äufere Induction des galvanischen Stromes. Die letztere wird ſicher die erſtere modificiren, dennoch zeigen jene Untersuchungen, daſs trotzdem das angegebene Geſetz für die magnetiſche Intenſität der Schichten ſeine Gültigkeit hat, daſs alſo in dieſem Fall die äufere Induction durch die der Molecule weit überwogen wird. — Bei einer andern Gelegenheit hoffe ich nachweiſen zu können, daſs anderweitige äufere Inductionen bedeutende Abweichungen von dieſem Geſetz hervorzubringen im Stande ſind, und zwar darin beſtehend, daſs die magnetiſche Intenſität der Schichten in einem weit geringeren Verhältniſs abnimmt als in dem angegebenen. — Andererſeits habe ich früher nachgewieſen <sup>1)</sup>, daſs der Magnetismus des weichen Eiſens (alſo auch wahrſcheinlich der des Stahles) ſich in den Schichten ſenkrecht zur Axe bloß an der Peripherie anhäuft und immer mit gleicher Intenſität nach dem Centrum vordringt, wenn die Erregung eine ſtärkere wird. Hier haben wir ein Bild von der Molecularinduction in aequatorialer Richtung, wie ſie bei einer Entfernung der kleinsten Theilchen ſtattfindet, die das Eiſen charakteriſirt. — Denken wir uns nun die kleinsten Theilchen des Eiſens immer weiter und weiter von einander entfernt, ſo werden ſie in axialer Richtung eine ſo geringe Molecularinduction auf einander ausüben, daſs dieſelbe durch die äufere Induction ſogar überwogen werden kann. Sie werden in aequatorialer Richtung ebenfalls ſo wenig auf einander wirken, daſs der Magnetismus nicht mehr mit gleicher Intenſität ſich nach der Peripherie der Schichten drängt, ſondern vielmehr mit abnehmender Intenſität ſich auch nach dem Centrum über den ganzen Querschnitt verbreitet. Ja ſogar iſt es möglich, daſs die Molecularinduction verſchwindend klein wird, ſo daſs in axialer Richtung der Magnetismus ſich bloß in Folge der äufseren Induction

1) Pogg. Ann. Bd. 80, S. 321.

verstärkt, und in aequatorialer Richtung sich mit gleicher Intensität über die ganze Schicht verbreitet.

18. Auf diese Ansichten mich stützend, unterscheide ich drei Arten von magnetischer Wirkungsweise, die allmählig in einander übergehen: Eisenmagnetismus, Diamagnetismus und Sauerstoffmagnetismus. Und zwar erhalten wir

Eisenmagnetismus, wenn die kleinsten Theilchen der geprüften Substanz so nahe aneinander liegen, und anderweit so beschaffen sind, daß die Molecularinduction überwiegt gegen die Wirkung der äusseren Induction;

Diamagnetismus, wenn die kleinsten Theilchen der geprüften Substanz so weit von einander entfernt, und anderweit so beschaffen sind, daß die Molecularinduction zurücktritt gegen die Wirkung der äusseren Induction;

Sauerstoffmagnetismus, wenn die Theilchen der geprüften Substanz so beträchtlich weit von einander entfernt und auch anderweit so beschaffen sind, daß die Molecularinduction gar nicht mehr wahrnehmbar seyn kann, und nur die äussere Induction wirksam ist.

#### Theorie des Diamagnetismus.

19. In meiner früheren Abhandlung glaubte ich noch der alt hergebrachten Coërcitivkraft das zuschreiben zu müssen, was ich jetzt sachgemässer der Molecularinduction vindicire. Weniger wesentlich ist es ferner, daß ich in der früheren Abhandlung meinte, in diamagnetischen Körpern verschwinde die Molecularinduction vollständig, während ich seitdem zur Ueberzeugung gekommen bin, daß sie bloß gegen die äussere Induction zurücktritt.

Mit Unrecht glaubte ich aber schon am Ziele angekommen zu seyn, als ich die magnetische Vertheilung bloß in der Richtung der Axe betrachtete. Nichts destoweniger bleiben folgende schon dort aufgestellten Grundsätze auch jetzt noch bestehen.

Wird ein Körper zwischen zwei entgegengesetzten Mag-

netpolen (oder gegenüber einem Pole) aufgehangen, und ist seine Molecularinduction überwiegend gegen die ihm so ertheilte äußere Induction, dann hat eine jede Schicht desselben, welche der mittelsten Schicht näher liegt, stärkere Polarität, als jede nach den Enden hin entferntere, und der Körper ist *eisenmagnetisch*. Ueber der ganzen dem Nordpol zugewandten Hälfte ist freier Südmagnetismus nachweisbar, denn jede diesem Nordpol entferntere Schicht zeigt einen Ueberschufs von Südmagnetismus über denjenigen Nordmagnetismus, der an der näheren Schicht frei geworden ist. In ähnlicher Weise erklärt sich der freie Nordmagnetismus, welcher über der dem äußeren Südpol zugekehrten Hälfte des Körpers ausgebreitet ist.

Ist hingegen die äußere Induction überwiegend gegen die dem Körper zukommende Molecularinduction, dann hat jede Schicht desselben, welche der mittelsten Schicht näher liegt, im Allgemeinen eine schwächere Polarität, als jede nach den Enden hin entferntere. Die Polarität des *freien* Magnetismus in der Richtung der Axe ist die umgekehrte der soeben beschriebenen und der Körper ist *diamagnetisch*. In Wahrheit ist der freie Magnetismus (mit Ausnahme des an der Endfläche auftretenden) über derjenigen Hälfte des Körpers, welche dem äußeren Nordpol zugekehrt ist, nordpolar, denn jede demselben nähere Schicht besitzt einen Ueberschufs von Nordmagnetismus über denjenigen Südmagnetismus, der an der zunächst entfernteren Schicht auftritt<sup>1)</sup>. Ingleichen ist der freie Magnetismus der anderen

- 1) Wenn hier von einer verschiedenen magnetischen Intensität verschiedener Schichten eines und desselben Körpers die Rede ist, so muß ausdrücklich bemerkt werden, daß dabei nicht im entferntesten an eine verschiedene Intensität des Nord- und des Südmagnetismus ein und desselben Theilchens gedacht werden kann. Eine Unklarheit in dieser Beziehung kann ich weder in der von mir veröffentlichten Originalabhandlung noch in einer auszugsweisen Mittheilung, die im *Philosophical Magazine IV. Ser. I. Vol. 46* abgedruckt worden, vorfinden. Dennoch schreibt Hr. Tyndall (*Philos. Mag. II. Vol. 333 No. 15.*).... »So far as I can see, however, the reasoning of M. v. Feilitzsch necessitates the assumption, that in the self-same molecule the poles are of

Hälfte des Körpers, welche dem äußeren Südpol zugekehrt ist, südpolär (mit Ausnahme des an der Endfläche auftretenden).

20. Zu diesen aus meiner früheren Abhandlung wiederholten Hauptsätzen füge ich noch, um das magnetische Verhalten der Körper in der Richtung der Axe zu erschöpfen, hinzu, daß, wenn die Molecularinduction eines Körpers verschwindet gegen die äußere Induction, derselbe ein *sauerstoffmagnetischer* ist. Die Vertheilung des freien Magnetismus in der Richtung der Axe ist analog derjenigen, die wir für diamagnetische Körper erkannten, und er würde sich auch diamagnetisch verhalten, wenn die Vertheilung des freien Magnetismus in der aequatorialen Richtung ebenfalls dieselbe wäre. Doch davon später.

21. Ueber die in der 19. Nummer wiederholten Ansichten urtheilt der ungenannte Hr. Verfasser der citirten Kritik in dem *Archiv de sienc. phys. et nat.* »*Les raisonnements, nous l'avouons, ne nous paraît pas très-concluant, car l'auteur nous semble faire abstraction du magnétisme de nom contraire à celui du pôle inducteur, qui doit être développé dans les molécules extrêmes les plus rapprochés de ce pôle, en même temps que le magnétisme du même nom auquel seul il a égard. Il y a là une lacune ou un défaut de clarté auquel etc. . .*» Ich erkenne an, daß nicht bloß ein Fehler in der Darstellung, sondern eine materielle Lücke vorhanden war, und gern sage ich, für den scharfsinnigen Nachweis derselben, dem geehrten Hrn. Verfasser meinen aufrichtigen Dank.

Den diamagnetischen Zustand betrachtete ich nämlich in der 19. Nummer als eine von dem Ende des Körpers nach der Mitte hin abnehmende Reihe von abwechselnd positiven und negativen magnetischen Intensitäten, und zwar würde das erste Glied mit dem positiven Vorzeichen zu versehen seyn, wenn wir »Anziehung« mit einem solchen

*unequal values that the intensity of the one is greater than that of the other, an assumption which will find some difficulty of access into the speculations of most physicists.*»

bezeichnen wollen. Der Ueberschufs der gröfseren negativen Differenzen zwischen dem 2<sup>ten</sup> und 3<sup>ten</sup>, 4<sup>ten</sup> und 5<sup>ten</sup> . . . Gliede über die kleineren positiven Differenzen zwischen dem 1<sup>ten</sup> und 2<sup>ten</sup>, 3<sup>ten</sup> und 4<sup>ten</sup> . . . Gliede sollte den negativ-magnetischen Zustand erklären. In einer solchen Reihe ist aber das erste Glied stets gröfser, oder höchstens — wenn sie bis Null abnimmt — gleich der Summe der negativen Differenzen. Es würde somit noch immer ein Ueberschufs von positivem Magnetismus durch das erste Glied vorhanden, und somit nicht vollständig bewiesen seyn, was bewiesen werden sollte.

Die Vervollständigung wird sich aber ergeben, wenn wir zu dem bisher erörterten diamagnetischen Verhalten eines Körpers in der Richtung der Axe auch das diamagnetische Verhalten des Querschnitts untersuchen. Diese Aufgabe zu lösen ist der Zweck des Folgenden.

22. Die Frage, die wir zu stellen haben, ist also: *Wie erklärt sich das »Zurückweichen« eines diamagnetischen Querschnittes vor einem Magnetpole, gegenüber der Anziehung, die derselbe Pol auf die Querschnitte beider Klassen von magnetischen Körpern ausübt, wenn er in den kleinsten Theilchen von allen dreien dieselbe Polarität inducirt?* Soweit die Gesetze des Magnetismus aufserhalb der Ampère'schen Theorie entwickelt sind, gestehe ich, ist mir eine Erklärung dieses Vorgangs nicht wohl denkbar; die Ampère'sche Theorie hingegen läfst eine vollständige Entwicklung zu. Da die Erscheinungen des Diamagnetismus die allgemeineren sind, möge deren Erklärung vorangestellt werden, die Erscheinungen der beiden Arten von Magnetismus ergeben sich alsdann als specielle Fälle von selbst.

23. Denken wir uns vorerst die Form der kleinsten Massentheilchen der Körper parallelepipedisch und so weit von einander entfernt, dafs sie nur eine geringe inducirende Wirkung auf einander ausüben, so werden sie in einem durch eine natürliche Spaltungsfläche dargestellten Querschnitt eines regelmäfsig gebildeten Körpers vertheilt seyn, wie die schwarzen Felder auf einem Schachbrett, und wenn

man dieselben kleiner zeichnet als die weissen. Es mag Fig. 12 Taf. II einen solchen Querschnitt darstellen. Werden nun diese kleinsten Theilchen durch einen äusseren Nordpol inducirt, welcher senkrecht über der Ebene der Zeichnung steht, so wird ein jedes obere Ende derselben zu einem Südpol; die der magnetischen Vertheilung gleichwerthigen Ampère'schen Ströme bewegen sich also im Sinn der kleinen Pfeile um die einzelnen Theilchen.

24. Die Gesamtwirkung aller dieser Molecularströme können wir aber nach zwei verticalen und zwei horizontalen Richtungen thätig denken. Alle kleinsten Ströme, welche in den Linien  $AA'$  sich bewegen, wirken nämlich wie ein Strom von der Länge  $AA'$ . Die Intensität dieses Stroms  $AA'$  muß gegenüber der Intensität der Einzelströme sich natürlich in dem Maasse verringern, als die Einzelströme durch wirkungslose Zwischenräume unterbrochen werden. Bewegen sich nun die Ströme  $AA'$  von unten nach oben, so werden wir ähnliche Gesamtströme  $BB'$  von oben nach unten gehend construiren, die den in den Linien  $BB'$  liegenden Einzelströmen gleich sind. Ebenso construiren wir aus den horizontalen Stromelementen die beiden Systeme  $CC'$  von links nach rechts und  $DD'$  von rechts nach links.

25. Ist nun die Wirkung eines magnetischen Theilchens gleichwerthig der Wirkung entsprechender Ampère'scher Ströme, so werden wir auch dieselben Erscheinungen erhalten, wenn wir ein Netz von galvanischen Strömen nach der gegebenen Anschauung in der Ebene  $ABCD$  bilden, und einen Nordpol an diejenige Stelle bringen, in welcher sich bisjetzt der erregende Pol befand. Die analoge Erscheinung wird aber auch eintreten, wenn die Fläche feststeht und der Pol beweglich ist. Wird nämlich der Pol so angebracht, daß er sich in einer Linie senkrecht zur Ebene  $ABCD$  bewegen kann, so wird er abgestoßen werden, wenn das südpolare Netz galvanischer Ströme diamagnetisch wirkt, er wird hingegen angezogen werden, sobald es magnetisch wirkt. Obschon nun ein Nordpol

allein nicht denkbar ist, werden wir immerhin ähnliche Erscheinungen erhalten, wenn wir einen langen Magnetstab in der zur Ebene  $ABCD$  senkrechten Linie sich bewegen lassen. Die Wirkung auf den zugewandten Nordpol ist dann überwiegend über die entgegengesetzte schwächere, welche das Stromnetz auf den entfernteren Südpol ausübt.

Voraussichtlich ist ferner die Wirkung des verticalen Systems  $AA'BB'$  auf den Magnetstab genau dieselbe als die des horizontalen Systems  $CC'DD'$ . Kommt es uns nun bloß auf eine qualitative Darstellung der Erscheinung an, so ist es nur nöthig das eine der beiden Systeme zu betrachten; die quantitative Wirkung ergibt sich alsdann durch Verdoppelung der ersten.

26. Nach den bisherigen Erörterungen wurde ein Stromnetz dargestellt, welches die diamagnetischen Erscheinungen, abgesehen von der Molecularinduction, wiedergiebt. Soll aber auch diese in die Darstellung mit eingeschlossen werden, so muß es nach folgenden Grundsätzen geschehen. Wir wissen, daß in Folge derselben die mittleren Theilchen des Querschnitts eine schwächere Polarität besitzen als die periodischen. Uebertragen wir dieses Verlangen in die Ampère'sche Theorie, so müssen die centralen Theilchen von schwächeren Strömen umflossen werden, oder was dasselbe ist, von weniger Windungen umgeben seyn, als die peripherischen. Wollen wir uns bloß des einen Systems  $AA'BB'$  bedienen, so müssen wenige Drähte in der Mitte, und immer häufigere Lagen nach beiden Enden hin angebracht werden.

27. Wie haben wir uns aber die Wirkung einer Reihe von Strömen  $ABAB\dots$ , welche unzech entgegengesetzt gerichtet sind, auf einen entfernten Magnetpol zu denken?

Der erste hierher gehörige Versuch ist von Seebeck <sup>1)</sup> angestellt und von Hansteen <sup>2)</sup> erklärt worden. Stellen nämlich die kleinen Kreise um  $A$  und  $B$  in Fig. 13 Taf. II.

1) Abhandlungen der Berliner Academie der Wissenschaften 1820, S. 289.

2) Gilbert's Ann. Bd. 70, S. 175.

die Durchschnitte zweier geradliniger Strömbahnen vor, welche senkrecht auf der Ebene der Figur stehen, und gehe der Strom durch  $A$  von vorn nach hinten und von  $B$  von hinten nach vorn; sey  $N$  der Nordpol eines Magneten  $NM$ , der immer so gestellt seyn möge, daß er sich den Strömen  $A$  und  $B$  näher befindet als der zugehörige Südpol, und sey die Linie  $LAL'$  ein Arm einer gleichseitigen Hyperbel, deren große Axe die Linie  $AB$  ist, alsdann geht aus den erwähnten Versuchen hervor, daß der Nordpol  $N$  weder angezogen noch abgestoßen wird, sobald er sich in der hyperbolischen Linie  $LAL'$  befindet. In dem Raume, dem die Linie ihre convexe Seite zukehrt, wird der Nordpol angezogen, in demjenigen Raume hingegen, dem die Hyperbel ihre concave Seite zuwendet, wird derselbe abgestoßen. Innerhalb der Hyperbel überwiegt nämlich die Wirkung von  $A$  auf  $N$ , außerhalb derselben überwiegt die Wirkung von  $B$  oder beide unterstützen sich; und auf der Linie selbst heben sich die Wirkungen beider Ströme auf. Rücken nun  $A$  und  $B$  sehr nahe an einander, dann kann man ohne merklichen Fehler statt des Hyperbelarmes die ihm zugehörigen Asymptoten substituiren, und sonach würde der Pol  $N$  sich im Gleichgewicht befinden auf einer Geraden, welche unter  $45^\circ$  gegen die Ebene beider Ströme  $AB$  geneigt ist und zwischen beiden in dieselbe einschneidet.

28. Die so definirte Gleichgewichtslage ist aber eine *labile*. Denken wir uns nämlich, daß der Magnet sich nur in der Linie  $OM$ , senkrecht zur Ebene der Ströme bewegen könne, so wird er innerhalb  $OP$  eine Zurückstoßung, in  $P$  keine Wirkung, und auf dem Wege von  $P$  nach  $M$  Stellen immer größerer anziehender Wirkung antreffen. Der Pol wird also in dieser Linie von der Ebene der  $AB$  zurückweichen. Doch wird er endlich an eine Stelle kommen, wo die Kraft der  $AB$  wegen der größeren Entfernung in dem Maasse schwächer geworden ist, als sie sich in Folge der günstigeren Stellung gegen  $A$  und  $B$  verstärkte. Von hier aus wird der Pol sich nicht mehr

mehr abwärts bewegen, sondern vielmehr, gewaltsam weiter zurückgestoßen, sich von selbst wieder annähern, und somit in *diesem* Punkte in einer *stabilen* Gleichgewichtslage verharren.

29. Wenn wir nun statt eines einzigen Strompaares  $AB$ , mehre solcher Strompaare von gleicher Stärke  $AB$ ,  $A'B'$ ,  $A''B''$  . . . , wie es in Fig. 14 dargestellt wird, die Ebene der Figur senkrecht durchschneiden lassen, so zwar, daß alle  $A$  von vorn nach hinten, und alle  $B$  von hinten nach vorn gerichtet sind, so erklärt sich ihre Wirkung auf den Nordpol  $N$  eines Magneten, der sich nur in einer zur Ebene der Strombahnen Senkrechten  $NO$  bewegen kann, etwa wie folgt:

Ist  $N'$  derjenige Punkt, in welchem der Pol  $N$  in Folge des Paares  $A'B'$  sich in stabiler Gleichgewichtslage befindet, so wird derselbe in Folge aller Strompaare  $A'B'$ ,  $A''B''$  . . . , welche ferner von  $O$  liegen als  $A'B'$ , von  $N$  aus über  $N'$  abwärts getrieben werden. Dahingegen aber wird er in Folge aller Strompaare, welche, wie  $AB$ , näher an  $O$  liegen als  $A'B'$ , nach  $O$  hin angezogen werden. Nothwendigerweise folgt er der gröfseren Kraft. Rechnung und Versuch zeigen nun, daß die anziehende Wirkung der letzteren Strompaare wegen der gröfseren Nähe überwiegt, gegen die zurückstoßende Wirkung der ersteren. Der Magnetpol wird sich also der Fläche annähern.

Abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Ströme, welche parallel zu einander in einer Ebene fließen und eine gleiche Intensität haben, ziehen also einen befreundeten Magnetpol an, wenn derselbe sich in einer Linie senkrecht zu ihrer Ebene bewegen kann.

Unter denselben Bedingungen wird natürlich ein Südpol des Magneten zurückgestoßen, und bei umgekehrter Stromesrichtung der Nordpol zurückgestoßen und der Südpol angezogen.

30. In dem soeben betrachteten Fall tritt die abstoßende Wirkung der entfernteren Strompaare  $A''B''$  . . . nur deswegen zurück, weil ihre Kraft wegen der gröfsern Ent-

fernung von einem jeden Punkte  $N$  der Linie  $NO$  zu sehr geschwächt wird. Ertheilt man diesen entfernten Strompaaren  $A''B''$ .... eine in dem Maafse gröfsere, und den näheren  $AB$ .... eine in dem Maafse geringere absolute Stärke, als jene wegen der Entfernung schwächer und diese wegen der Nähe stärker wirken, so hebt sich ihre Wirkung gegenseitig auf. Die Stromstärke nimmt alsdann von Paar zu Paar von der Mitte  $O$  nach den Enden hin zu, und der Nordpol befindet sich in  $N'$  in einer stabilen Gleichgewichtslage.

Abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Ströme, welche parallel zu einander in einer Ebene fliefsen, und eine von der Mitte der Ebene nach den Enden derselben in gewissem Verhältnifs zunehmende Intensität haben, stofsen sonach einen befreundeten Magnetpol bis zu einer gewissen Entfernung von der Ebene ab, ziehen denselben aber bei gröfserer Entfernung an, wenn sich derselbe in einer Linie senkrecht zu ihrer Ebene bewegen kann.

31. Seebeck stellte seine Versuche nur mit Strömen an, die über ihre ganze Länge hinweg eine gleiche Intensität hatten. Zusätzlich sey hier bemerkt, dafs wenn wir Ströme anwenden könnten, die, der Natur diamagnetischer Wirkungsweise entsprechend, in der Mitte am schwächsten sind und nach beiden Enden hin immer stärker werden, die Entfernung des Maximumpunktes von der Ebene ungleich mehr beträgt, als es nach den bisherigen Erörterungen scheinen könnte. Später werde ich hierauf zurückkommen.

(Schluss im nächsten Heft.)

#### IV. Ueber das Fett der Kartoffeln; von Dr. H. Eichhorn in Möglin.

Seitdem Chevreul durch seine ausgezeichnete Untersuchung über die Fette die Natur derselben näher kennen lehrte, sind die Chemiker unausgesetzt bemüht gewesen die fetten Substanzen sowohl des Thierreichs als auch des Pflanzenreichs genauer zu studiren. Das Resultat dieser Bemühungen ist eine der am besten bekannten Gruppen der organischen Chemie, die Reihe der fetten Säuren von der Form  $C_nH_{2n-1}O_2 + HO$  gewesen. Alle diese untersuchten Fette finden sich in den Organen der Pflanzen und Thiere, in denen sie vorkommen, in größeren Mengen, und sind entweder durch den Handel zu beziehen, indem sie in der Industrie vielfach benutzt werden, oder doch wenigstens aus den Theilen des Pflanzen- oder Thierkörpers, in denen sie vorkommen, leicht herzustellen, so daß die Beschaffung des Materials für eine Untersuchung weiter mit keinen Schwierigkeiten verknüpft ist. Anders verhält es sich mit gewissen Fetten, welche in sehr vielen Pflanzentheilen, jedoch nur in so geringen Mengen enthalten sind, daß wir höchstens einige ihrer physikalischen Eigenschaften und ihr quantitatives Vorkommen kennen. So sind in den Kartoffeln, den Runkelrüben, dem Mais, Reis, den Getreidearten, den Linsen, Erbsen u. a. Vegetabilien geringe Fettmengen nachgewiesen. Hier ist die Herstellung des Fettes mit größeren Schwierigkeiten verknüpft, schon aus dem einfachen Grunde, daß sehr bedeutende Mengen des Pflanzenkörpers mit Aether oder Alkohol extrahirt werden müssen, um nur annähernd genügende Quantitäten für eine Untersuchung zu erhalten.

Nichts desto weniger schien es mir doch wohl von Interesse zu seyn, auch diese Fette etwas genauer zu untersuchen, schon aus dem Grunde allein, weil alle zur Branntweinfabrikation benutzten Rohmaterialie eine solche geringe Menge Fett enthalten, und sich die Vermuthung leicht auf-

drängt, ob nicht die neben dem Alkohol bei der Destillation solcher gegohrenen Flüssigkeiten auftretenden Fuselöle ihren Ursprung diesen geringen Fettmengen verdanken, entweder dadurch, daß diese Fette das Fuselöl schon präexistirend enthalten, oder daß sich diese letzteren bei der Gährung aus dem ersteren bilden. In wiefern dieß aus einer Säure von der Form  $C_nH_nO_4$  möglich sey, werde ich weiter unten zu zeigen versuchen. Ich habe die Kartoffel zu dieser Untersuchung deshalb gewählt, weil sie ein für die Ernährung und landwirthschaftliche Industrie so wichtiges Vegetabil ist; wenn diese Arbeit, welche zum größten Theil im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus in Berlin ausgeführt ist, dem ich hiermit für seinen bereitwilligen Rath und Unterstützung meinen tiefgefühlten Dank abstatte, nicht die nothwendigen analytischen Belege geliefert hat, um aus denselben vollständig die Constitution des Fettes abzuleiten, so trägt wohl die schwierige Beschaffung des Materials einen großen Theil der Schuld.

Der Fettgehalt der Kartoffeln wird verschieden angegeben.

Michaelis <sup>1)</sup> fand 0,056 Proc.; Liebig <sup>2)</sup> giebt an, daß 15 Kilogr. Kartoffeln 10<sup>gr</sup>,0 Fett enthielten, d. h. 0,067 Proc.; Henri <sup>3)</sup> fand 0,1 Proc.

Boussingault <sup>4)</sup> untersuchte sowohl ganze Kartoffeln, als auch die Schalen auf ihren Fettgehalt. Bei ersteren erhielt er 0,14 Proc. bis 0,21 Proc. an Fett, welches bei einer frischen rothen Kartoffel farblos, bei einer alten weißen jedoch von gelbbrauner Farbe, ohne Geschmack, sehr angenehmem Geruch und Butterconsistenz war. Bei den Schalen erhielt er viel mehr Fett. Die getrockneten Schalen von 5 Kilogr. Kartoffeln gaben 8<sup>gr</sup>,02 Fett oder 0,16 Proc. der ganzen Kartoffelmasse.

Ich habe ebenfalls einige solche Bestimmungen des

1) Journal für practische Chemie XIII. 189.

2) *Comptes rendus* 13. Mars 1843 p. 568.

3) Boussingault, die Landwirthschaft etc. übers. v. Gräger S. 254.

4) *Annales de Chim. et de Phys. T. XIV. p. 423.*

Fettgehalts der Kartoffeln gemacht; um aber das Fett möglichst unverändert zu erhalten, habe ich die Kartoffeln nicht getrocknet, sondern dieselben auf einem Reibeisen sammt der Schale zerrieben, und den erhaltenen Brei mehrere Male mit Aether behandelt, bis derselbe nicht mehr gefärbt erschien. Das Fett wurde nach dem Abdestilliren des Aethers auf einem Uhrglase gewogen.

1) 80<sup>gr</sup>,0 einer so behandelten weißen Kartoffel gaben 0,066 eines grünlich schmierigen, aromatisch riechenden Fettes oder 0,082 Proc.

2) 120<sup>gr</sup>,0 von derselben Kartoffelart, gaben 0<sup>gr</sup>,078 Fett von derselben Beschaffenheit oder 0,065 Proc. Mittel aus beiden Bestimmungen 0,073 Proc.

3) 935<sup>gr</sup>,0 rothe Kartoffeln, die jedoch den Winter über in einem Keller gelegen hatten, wurden abgeschält, die 95<sup>gr</sup>,0 enthaltenen Schalen getrocknet und 5 mal mit Aether extrahirt, und der Aether abdestillirt. Es blieben 0<sup>gr</sup>,365 eines grünlich braunen Fettes von sehr reicher Butterconsistenz und widrigem Geschmack zurück. Auf die ganze Kartoffelmenge berechnet, beträgt dies 0,039 Proc., auf die Schalen allein 0,384 Proc. Hiernach enthalten die Schalen allein die Hälfte des Fettes der Kartoffeln, wenn man den mittleren Fettgehalt, wie ich ihn gefunden habe, zu 0,073 Proc. annimmt. Auf ihre Masse bezogen, enthalten dieselben 5 mal mehr Fett als die innere Substanz der Kartoffeln.

Diese Resultate stimmen, so weit man es erwarten konnte, mit den Angaben von Henri, Michaelis und Liebig. Boussingault fand jedoch 2 bis 3 mal so viel Fett; wohl möglich, daß das Fett, wenn man die Kartoffeln trocknet und pulvert, wie es Boussingault gethan hat, vollständiger ausgezogen wird. Ich habe das Verfahren, wie ich es oben anführte, wie gesagt deshalb gewählt, um das Fett möglichst unverändert zu erhalten; es könnte aber auch wohl seyn, daß die Kartoffeln, welche Boussingault untersuchte, fettreicher waren.

Aus diesen Fettbestimmungen ersieht man leicht, daß

die Darstellung des Fettes in etwas größeren Mengen große Quantitäten von Aether erfordern würde; ich benutzte daher eine Beobachtung, die ich am Kartoffelsaft gemacht hatte, um auf eine etwas bequemere Weise, wenn auch nicht die ganze Masse des Fettes, so doch einen Theil desselben zu gewinnen. Die Beobachtung besteht in Folgendem:

Zerreibt man Kartoffeln auf einem Reibeisen, und preßt den erhaltenen Brei durch ein leinenes Tuch, so läuft ein durch Stärke stark getrübler Saft durch dasselbe, welcher durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Atmosphäre sich von der Oberfläche aus violett-röthlich färbt. Die Stärke setzt sich bald ab, und der Saft erscheint dann fast durchscheinend. Er trübt sich jedoch bald wieder, und nach Verlauf von einer Stunde ist die Trübung so stark, daß der Saft eine weiß-gelbliche Farbe angenommen hat. Ich glaubte anfänglich, daß diese Trübung von dem Körper herrühre, der die später eintretende dunkle Färbung des Kartoffelsaftes in den zerschnittenen Kartoffeln hervorbringt. Ich filtrirte daher den frisch gepreßten Saft, um jede Einwirkung des Sauerstoffs der Atmosphäre abzuhalten, in einem Apparate, der mit Wasserstoffgas gefüllt war, welchen ich durch die Güte des Hrn. Prof. Beetz in Berlin erhielt, demselben, den er in seinem *Dissertatio de cobalt oxydis eorumque connubiis nonnullis* beschrieben hat <sup>1)</sup>. Die Filtration ging sehr langsam von Statten, da der suspendirte Körper sich sehr fest an das Filtrum anlegte; sie dauerte etwa 14 Tage. Hierbei hatte sich der Saft in der Wasserstoffatmosphäre vollkommen frisch erhalten, denn sobald der ganz klare Saft aus dem Trichter an die Luft kam, färbte er sich wie immer violett-röthlich. Der auf dem Filtrum zurückgebliebene weißlich-gelbe Rückstand erwies sich als ein in Aether löslicher fettiger Körper von hellgelber Farbe und der Consistenz einer harten Butter. Hiernach rührt also die Trübung des Kartoffelsaftes von der Ausscheidung eines, anfänglich gelöst gewesenen, Fettes her; es war mir jedoch nicht möglich in dem getrübten

1) Ann. Bd. LXI, S. 473.

Safte kleine Fettkügelchen, etwa wie bei der Milch, unter dem Mikroskope zu entdecken.

Die Erscheinung dieser Fettausscheidung aus dem Kartoffelsafte ist den Stärkefabrikanten schon längst bekannt, indem die oberste Schicht der Stärke verunreinigt wird, und entfernt werden muß, wenn nicht die ganze Stärke ein schmutziges Ansehen erhalten soll. Das Fett scheint nämlich an feinen Fäserchen der Cellulose, welche im Safte suspendirt sind, zu adhäriren, und mit diesen zu Boden zu sinken, und so auf der abgesetzten Stärke die gelblichweiße Lage zu bilden, welche man immer beobachtet. Es ist hiernach auch sehr wahrscheinlich, daß der geringe Fettgehalt der Stärke ebenfalls von dieser Fettausscheidung herrühre.

Kocht man nun einen solchen getrübten Kartoffelsaft auf, so coagulirt das Eiweiß, und nimmt das Fett mit an die Oberfläche. Aus dem Gerinsel läßt sich dann das Fett mit geringeren Quantitäten Aether ausziehen.

Um nun eine etwas größere Quantität Fett nach dieser Methode darzustellen, wurden 3 Scheffel *geschälte* rothe Kartoffeln, also etwa 300 Pfd., auf einem Reibeisen zerrieben. Ich habe deshalb geschälte Kartoffeln genommen, weil ich bei dem oben erwähnten Filtrirversuche in der Wasserstoffatmosphäre ebenfalls geschälte Kartoffeln angewendet habe. Daß dabei erhaltene Fett hatte eine andere Farbe und härtere Consistenz als das bei der Bestimmung der Fettmenge der ungeschälten Kartoffeln erhaltene, woraus hervorging, daß in den Schalen mehr eines flüssigen und dunkler gefärbten Fettes enthalten ist.

Die zerriebene Masse wurde durch ein Haarsieb gegossen, der abgelaufene Saft stehen gelassen, aufgeköcht und das abgeschiedene Eiweiß durch ein leinenes Filtrum getrennt. Um eine Veränderung des Fettes beim Trocknen des Eiweißes zu verhindern, wurde dasselbe noch feucht, wie es nach dem Abfließen der Flüssigkeit auf dem Filtrum zurückblieb, mit kochendem Aether behandelt. Von dem ätherischen Extracte wurde der Aether durch Destil-

lation entfernt. Als dies bis auf etwa ein Viertel geschehen war, schieden sich nach dem Erkalten ganz feine sternförmige Nadeln ab; sie wurden durch Filtration getrennt. Die Zusammensetzung dieses festen Fettes werde ich weiter unten mittheilen.

Die von diesem festen Fette abgelaufene ätherische Flüssigkeit wurde im Wasserbade verdunstet und hinterließ etwa ein Loth eines zweiten Fettes von gelber Farbe, angenehm aromatischem Geruch und einer Consistenz, welche die Butter bei niedrigen Temperaturen hat. Der Schmelzpunkt dieses Fettes liegt bei  $42^{\circ},5$  C.; er wurde in sehr dünnwandigen Capillarröhren bestimmt, die durch Ausziehen einer gewöhnlichen Glasröhre erhalten waren. In Alkohol und Aether löst es sich leicht auf; die erhaltene Lösung reagierte auf Lackmus deutlich sauer. Von einer wässrigen Auflösung von *Kali causticum* wurde es schon in der Kälte, von einer Auflösung von kohlen saurem Natron in der Wärme leicht aufgenommen.

Aus diesem Verhalten zum kohlen sauren Natron geht hervor, daß das Fett keine Glycerinverbindung ist, sondern eine bloße fette Säure, was auch dadurch noch bestätigt wurde, daß beim Erhitzen desselben ein Akroleingeruch nicht wahrnehmbar war. Ebenso deutet der unveränderte Schmelzpunkt des aus einer Kalilösung abgeschiedenen Fettes darauf hin. Eine Quantität desselben in Kali gelöst, mit Salzsäure wieder abgeschieden, und auf Wasser mehrere Male umgeschmolzen, zeigte unverändert den Schmelzpunkt des ursprünglichen Fettes von  $42^{\circ},5$  C.

Dieses Vorkommen einer fetten Säure in einem Pflanzenorgane gehört wohl zu den seltneren. Das Palmöl enthält zwar immer freie Palmitinsäure, jedoch möchte diese wohl von einer schon theilweisen Zersetzung herrühren. Diese Annahme wird dadurch unterstützt, daß Heintz <sup>1)</sup> in neuester Zeit die Bildung von Margarinsäure, Palmitinsäure und Anthropinsäure aus Menschenfett, welches etwa

1) Diese Annalen 1851. Heft 10.

ein halbes Jahr gestanden hatte, beobachtet hat. Eine solche Bildung einer fetten Säure im Kartoffelfett während der Darstellung ist mir jedoch nicht wahrscheinlich.

Das Fett löste sich, wie oben erwähnt, in kaltem Alkohol leicht auf; es gelang mir daher anfänglich auch nicht dasselbe krystallisirt zu erhalten. Eine alkoholische Lösung zum freiwilligen Verdunsten hingestellt, sonderte zwar, wenn fast alles verdunstet war, warzenförmige Massen ab, jedoch war eine besondere Krystallform weiter nicht wahrnehmbar. Erst später gelang es mir aus einer Auflösung des Fettes in warmen, wässrigen Alkohol beim Erkalten desselben mikroskopische Krystalle in der Form kleiner Blättchen zu erhalten.

Die geringe Menge des erhaltenen Fettes liefs keine ausführliche Untersuchung erwarten; es schien mir daher wohl wünschenswerth, wenigstens die procentische Zusammensetzung desselben kennen zu lernen. Es wurden daher einige Verbindungen mit Kupferoxyd vorgenommen und zwar auf einer Spirituslampe mit Ueberleiten von Sauerstoffgas nach der Verbrennung, um allen Verlust von Kohlenstoff möglichst zu verhüten. Die Resultate dieser Verbindungen sind folgende:

I. 0<sup>gr</sup>,327 Fett lieferten 0<sup>gr</sup>,899 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,344 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,2452 Kohlenstoff <sup>1)</sup> und 0<sup>gr</sup>,0382 Wasserstoff.

II. 0<sup>gr</sup>,202 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,552 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,211 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,1507 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,02344 Wasserstoff.

III. 0<sup>gr</sup>,1603 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,4455 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,1655 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,1215 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,01839 Wasserstoff.

IV. 0<sup>gr</sup>,175 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,486 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,183 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,13254 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,02033 Wasserstoff.

1) C=6; H=1.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
Kohlenstoff	74,98	74,53	75,79	75,74
Wasserstoff	11,68	11,60	11,47	11,62
Sauerstoff	13,34	13,87	12,74	12,64
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

No. I und II sind von dem Fett, dessen Darstellung ich so eben beschrieben habe; No. II ist 14 Tage später analysirt als No. I. Das Material zu No. III und IV ist besonders für die Analyse in möglichst kurzer Zeit (2 Tagen) dargestellt. Ich habe diese besondere Darstellung von Kartoffelfett deshalb vorgenommen, weil sich das Fett an der Luft schnell verändert, was sich schon zeigt, wenn man II mit den übrigen Analysen vergleicht. Die folgenden Verbindungen zeigen diese Oxydationen noch deutlicher:

V. 0<sup>gr</sup>,2305 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,6175 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,240 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,16841 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,0267 Wasserstoff.

VI. 0<sup>gr</sup>,209 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,564 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,216 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,15382 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,024 Wasserstoff.

VII. 0<sup>gr</sup>,235 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,6295 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,2375 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,17168 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,02639 Wasserstoff.

VIII. 0<sup>gr</sup>,203 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,525 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,1975 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,1432 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,02194 Wasserstoff.

IX. 0<sup>gr</sup>,186 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,4815 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,180 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,13132 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,020 Wasserstoff.

In 100 Theilen:

	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Kohlenstoff	73,06	73,60	73,05	70,60	70,54
Wasserstoff	11,56	11,48	11,23	10,75	10,80
Sauerstoff	15,38	14,92	15,72	18,65	18,66
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

Das Material zu den Analysen V, VI und VII war dasselbe wie zu I und II; es hatte jedoch während 8 Wochen in einer Schale mit Papier bedeckt der Luft ausgesetzt gestanden. Das Fett zu den Analysen VIII und IX war längere Zeit in kleinen Cylindern der Einwirkung von Sauerstoff und Feuchtigkeit ausgesetzt gewesen. Offenbar ist diese Aufnahme von Sauerstoff wohl einer in dem Kartoffelfett enthaltenen flüssigen Säure zuzuschreiben, die entweder Oelsäure oder eine dieser verwandte Säure seyn mußte, wie sich diess auch später bestätigte.

Betrachtet man die eben angeführten Analysen, sowohl die des frischen Fettes als auch des durch Luft veränderten, so sieht man, wenn man dieselben in den kleinsten Atomgewichten ausdrückt, daß Kohlenstoff und Wasserstoff nicht in demselben Verhältniß stehen wie bei den anderen fetten Säuren. Sie geben alle mehr Kohlenstoff- als Wasserstoffäquivalente. So würden im Mittel die Analysen des frischen Fettes einer Formel  $C_{32}H_{29}O_4$  entsprechen, die des an der Luft veränderten der Formel  $C_{31}H_{30}O_5$  am nächsten kommen, und endlich das durch Sauerstoff veränderte Fett am besten durch die Formel  $C_{35}H_{32}O_7$  ausgedrückt werden. Dieser Ueberschuß der Kohlenstoffäquivalente über die des Wasserstoffs, ähnlich wie bei den Glycerinverbindungen der fetten Säuren, liefs allerdings vermuthen, daß in dem Kartoffelfett noch Glycerin enthalten wäre; nach dem oben angeführten chemischen Verhalten desselben, besonders gegen kohlen-sauren Natron, war diess jedoch nicht wahrscheinlich; vielmehr ist es auch hier wohl eine der Oelsäure in ihrer Zusammensetzung ähnliche Säure, welche, ebenso wie die schnelle Oxydation des Fettes, auch diese Ungleichheit der Kohlenstoff- und Wasserstoffäquivalente hervorbringt. Eine später angestellte Atomgewichtsbestimmung des Fettes zeigte diese Ungleichheit nicht, wie aus folgender Analyse des Silbersalzes hervorgeht. Letzteres war aus demselben Fett dargestellt, welches zu den Analysen V, VI und VII verwendet war; jedoch waren dazwischen einige Monate verstrichen, wäh-

rend welcher Zeit das Fett nicht besonders vor dem Luftzutritt geschützt war.

X. 0<sup>gr</sup>,1645 Silbersalz gaben in einem Platinschiffchen im Sauerstoffstrome verbrannt 0<sup>gr</sup>,319 Kohlensäure, 0<sup>gr</sup>,130 Wasser, und 0<sup>gr</sup>,0445 Silber oder 0<sup>gr</sup>,087 Kohlenstoff, 0<sup>gr</sup>,0144 Wasserstoff und 0<sup>gr</sup>,0478 Silberoxyd.

XI. 0<sup>gr</sup>,188 Silbersalz gaben 0<sup>gr</sup>,1445 Wasser und 0<sup>gr</sup>,049 Silber; oder 0<sup>gr</sup>,01605 Wasserstoff und 0<sup>gr</sup>,03263 Silberoxyd. Der Kaliapparat zerbrach während der Verbrennung.

In 100 Theilen:

	X.	XI.		Berechnet.
Kohlenstoff	52,89	—	36	53,07
Wasserstoff	8,79	8,60	35	8,69
Sauerstoff	9,22	—	5	9,71
Silberoxyd	29,00	28,02	1	28,55
	<u>100,00.</u>			<u>100,00.</u>

Die Formel  $C_{36}H_{35}O_3 + AgO$  würde hiernach die Zusammensetzung des Silbersalzes am besten ausdrücken. Es war diese Atomgewichtsbestimmung, um mich zu überzeugen, ob die in dem Kartoffelfett enthaltenen Säuren die Form  $C_nH_nO_4$  hätten, um so wünschenswerther, als das S. 232 erwähnte feste Fett, das bei der Darstellung nach dem theilweisen Abdestilliren des Aethers in feinen Nadeln herauskrystallisirte, eine von den übrigen Fetten noch abweichende Zusammensetzung zeigte. Dieser Körper war von ganz weißer Farbe, und löste sich wenig in Aether und Alkohol; ebenso wurde er von Kalilauge nicht angegriffen. In einem Oelbade bis 270° C. erwärmt, schmolz er noch nicht, bräunte sich nur etwas; erst beim Erhitzen auf einem Platinblech in der Spiritusflamme wurde er flüssig, zersetzte sich jedoch dabei, und verbrannte mit hellleuchtender Flamme. Nach diesen Eigenschaften würde dieser Körper mit dem Korkwachs sehr nahe übereinkommen. Zwei Verbindungen gaben folgende Resultate:

XII. 0<sup>gr</sup>,133 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,348 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,121

Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,0949 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,01344 Wasserstoff.

XIII. 0<sup>gr</sup>,169 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,442 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,153 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,12054 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,01699 Wasserstoff.

In 100 Theilen:

	XII.	XIII.		Berechnet.
Kohlenstoff	71,36	71,32	36	71,52
Wasserstoff	10,10	10,06	30	9,93
Sauerstoff	18,54	18,62	7	18,55
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>		<u>100,00.</u>

Die Formel  $C_{3,6}H_{3,0}O_7$  würde die Zusammensetzung am besten ausdrücken.

Ebenso wie in dem verseiften Fett gleiche Aequivalente von Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten waren, so zeigte auch das destillierte Fett eine solche Gleichheit. Es wurde nämlich eine Quantität Fett in einer kleinen Retorte der Destillation unterworfen. Schon im Retortenhalse verdichtete sich eine gelbe fette Masse, etwas mehr bräunlich als die angewandte Säure; in der Retorte blieb ein geringer kohligter Rückstand zurück. Die erhaltene Säure wurde auf Wasser umgeschmolzen, in Aether gelöst, filtrirt und letzterer wieder verdunstet. Zwei Analysen gaben folgende Werthe.

XIV. 0<sup>gr</sup>,1615 destillirtes Fett lieferten 0<sup>gr</sup>,437 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,182 Wasser; oder 0<sup>gr</sup>,1192 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,0202 Wasserstoff.

XV. 0<sup>gr</sup>,1425 Fett gaben 0<sup>gr</sup>,390 Kohlensäure und 0<sup>gr</sup>,167 Wasser oder 0<sup>gr</sup>,10636 Kohlenstoff und 0<sup>gr</sup>,01855 Wasserstoff.

In 100 Theilen:

	XIV.	XV.		Berechnet.
Kohlenstoff	73,79	74,63	30	74,38
Wasserstoff	12,52	13,09	30	12,40
Sauerstoff	13,69	12,28	4	13,22
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>		<u>100,00.</u>

Da diese bis jetzt ausgeführten Analysen zu keinem recht befriedigenden Resultate geführt hatten, und das Material verbraucht war, so stellte ich mir von Neuem auf ganz dieselbe Weise aus 300 Pfd. einer anderen Kartoffelart eine Quantität Fett dar. Hierbei wurde gleichfalls wiederum eine geringe Quantität des erwähnten wachsartigen Körpers erhalten. Die Ausbeute an Fett war nicht gröfser als früher, das äufser Ansehen und die übrigen Eigenschaften desselben ganz die oben angeführten. Es wurde, sobald es dargestellt war, verseift, die Seife wieder mit Salzsäure zersetzt und die erhaltene fette Säure auf Wasser umgeschmolzen. Es gelang mir jetzt, wie oben schon erwähnt, die Säure aus wäfsrigem Alkohol krystallisirt zu erhalten, wenngleich die Krystalle nur äufserst klein waren. Zu dem Ende wurde die Säure in Alkohol bei einer Temperatur aufgelöst, die den Schmelzpunkt des Fettes, also  $42^{\circ},5$  C., nicht erreichte. Alsdann wurde Wasser zugesetzt, bis sich eine Trübung zeigte, die durch Zusatz von etwas Alkohol im Steigern der Temperatur bis  $40^{\circ}$  C. wieder verschwand. Nach dem Erkalten war die Masse von einem Gewebe ganz feiner Krystalle wie erstarrt. Diese Krystalle zeigten unter dem Mikroskope die Gestalt kleiner an den Rändern ausgezackter Blättchen. Sie wurden durch Filtration von der Mutterlauge getrennt und zeigten, mit wäfsrigem Alkohol ausgesüfst, eine schwach gelbliche Farbe. Durch Umkrystallisiren, auf ganz dieselbe Weise, wurden sie ganz weifs erhalten; ihr Schmelzpunkt war  $52^{\circ}$  C.

Als ich die Säure so weit dargestellt hatte, las ich die Arbeit des Hrn. Professor Heintz über das Menschenfett und die von demselben dabei befolgte Methode der Trennung der festen fetten Säuren. Diefs veranlafste mich diese Methode der Trennung mittelst Bleizucker auch auf diese Säure anzuwenden, obgleich ich nur sehr geringe Quantitäten davon hatte. Es gelang mir in der That dieselbe noch in zwei Säuren zu spalten, von denen die eine einen Schmelzpunkt von  $50^{\circ}$  C., die andere von  $58^{\circ}$  C.

hatte. Das Bleisalz mit dem Schmelzpunkt  $50^{\circ}$  krystallisierte beim Erkalten des Gemisches der alkoholischen Lösung der fetten Säure mit Bleizucker zuerst in ganz feinen Blättchen heraus; das Bleisalz der Säure mit dem Schmelzpunkt  $53^{\circ}$  wurde durch Fällen mit überschüssigem Bleizucker aus der Mutterlauge des ersteren erhalten. Beide Salze durch Salzsäure zersetzt, lieferten Säuren, welche aus wässrigem Alkohol umkrystallisiert ganz weiß waren, und aus ganz kleinen mikroskopischen Blättchen bestanden. Ihre Mengen waren aber so gering, daß eine abermalige Behandlung mit essigsaurem Bleioxyd nicht möglich war, da von der schwerer schmelzbaren Säure nicht einmal zu einer Verbrennung hinreichend Material vorhanden war.

Die leichter schmelzbare Säure war in etwas größerer Quantität vorhanden, so daß wenigstens eine Atomgewichtsbestimmung damit vorgenommen werden konnte. Zu dem Ende wurde sie in einer Lösung von kohlensaurem Natron gelöst, die Lösung zur Trockne abgedampft und in Alkohol absolut aufgenommen. Die filtrirte Lösung mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, gab einen voluminösen Niederschlag, der sich beim Filtriren und Aussüßen etwas bräunlich färbte. Eine Verbrennung zeigte folgende Zusammensetzung:

XVI.  $0^{\text{gr}},163$  Silbersalz gaben  $0^{\text{gr}},305$  Kohlensäure und  $0^{\text{gr}},130$  Wasser, oder  $0^{\text{gr}},08318$  Kohlenstoff und  $0^{\text{gr}},01444$  Wasserstoff.

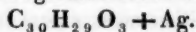
XVII.  $0^{\text{gr}},124$  Silbersalz in einem Platintiegel geglüht gaben  $0^{\text{gr}},0385$  Silber oder  $0^{\text{gr}},04135$  Silberoxyd.

XVIII.  $0^{\text{gr}},090$  Silbersalz gaben  $0^{\text{gr}},0275$  Silber oder  $0^{\text{gr}},0319$  Silberoxyd.

In 100 Theilen:

	XVI.	XVII.	XVIII.
Kohlenstoff	51,05	—	—
Wasserstoff	8,86	—	—
Sauerstoff	—	—	—
Silberoxyd	—	33,35	32,87.

Mittel aus beiden Silberbestimmungen: Silberoxyd 33,11.  
 Hieraus würde sich folgende Formel ergeben:



	Gefunden.		Berechnet.
Kohlenstoff	51,05	30	51,58
Wasserstoff	8,86	29	8,31
Sauerstoff	6,98	3	6,87
Silberoxyd	33,11	1	33,24.

Nimmt man nun an, daß in den Salzen 1 At. Wasser der Säure durch 1 At. Basis vertreten sey, so würde die freie Säure die Formel  $\text{C}_{30}\text{H}_{30}\text{O}_4$  erhalten. Die procentische Zusammensetzung der durch Destillation des Kartoffelfetts erhaltenen Säure läßt sich, wie ich gezeigt habe, durch dieselbe Formel ausdrücken. Ob diese beiden Säuren identisch sind, lasse ich jedoch dahin gestellt seyn.

Für die Säure  $\text{C}_{30}\text{H}_{30}\text{O}_4$  schlage ich den Namen Solanostearinsäure vor. Sollte sich ihre Zusammensetzung noch weiter bestätigen, so würde sie eine wesentliche Lücke in der Reihe der Säuren von der Form  $\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_4$  ausfüllen. In ihren physikalischen Eigenschaften charakterisirt sie sich durch ihren Schmelzpunkt ( $50^\circ \text{C.}$ ) und ihre geringe Krystallisationsfähigkeit. Ihr Verhalten zu Basen und anderen Körpern zu untersuchen, war mir wegen Mangels an Material nicht möglich. Ist sie wirklich mit der oben angeführten destillirten Säure identisch, so würde zu ihren Eigenschaften noch die Flüchtigkeit in höheren Temperaturen hinzukommen.

Ich habe oben angeführt, daß bei dem ersten Krystallisiren der Lösung des Kartoffelfetts aus wäsrigem Alkohol eine Mutterlauge zurückblieb. Diese Mutterlauge, ebenfalls mit Bleizucker behandelt, setzte noch eine sehr geringe Quantität festes Bleisalz ab; der größte Theil blieb selbst beim Zusatz von überschüssigem essigsaurem Bleioxyd gelöst, und lieferte, nach der Zersetzung mit Salzsäure, eine bei gewöhnlicher Temperatur schmierig flüssige Säure, von brauner Farbe, so daß also das Kartoffelfett hiernach aus drei Säuren besteht: zwei festen,

von

von denen die eine den Schmelzpunkt von  $50^{\circ}$ , die andere von  $58^{\circ}$  hat, und einer flüssigen. Einige Eigenschaften dieser letzteren Säure werden sich aus folgender Untersuchung des Fettes aus *nicht geschälten* Kartoffeln ergeben.

Zur Darstellung dieses Fettes wurden 3 Scheffel frisch geernteter rother Kartoffeln in Scheiben geschnitten, bei etwa  $100^{\circ}$  getrocknet, alsdann gepulvert und mit Alkohol extrahirt. Das erhaltene Extract war braun gefärbt, was theilweise wohl daher rühren mochte, daß die Masse beim Digeriren mit dem Alkohol etwas angebrannt war. Der Alkohol wurde abdestillirt, und der letzte Rest im Wasserbade verjagt. Die zurückgebliebene dunkelbraune Masse wurde mehrere Male hinter einander mit Aether behandelt und die ätherische Lösung verdunstet.

Das so erhaltene Fett war von brauner Farbe, unangenehmen Geschmack und zeigte nicht den aromatischen Geruch, den das aus ungetrockneten, zerriebenen Kartoffeln dargestellte Fett hat. Die Consistenz war die eines sehr dicken Syrups. Das Verhalten gegen Lackmuspapier, kautischen und kohlen sauren Alkalien war ganz ebenso wie bei dem Fette aus geschälten Kartoffeln; von Alkohol und Aether wurde es ebenfalls leicht aufgelöst. Die aus demselben dargestellte Kaliseife war dunkelbraun; durch mehrmaliges Auflösen in Wasser und wieder Absalzen konnte sie auch nur sehr wenig entfärbt werden. Ich trennte daher die Säure wieder vom Kali, löste sie in Alkohol auf und leitete so lange Ammoniakgas hindurch, bis die Flüssigkeit stark darnach roch. Hierauf fällte ich mit einer überschüssig hinzugesetzten Auflösung von Chlorbaryum in wäsrigem Alkohol. Ich hoffte hierdurch eine weniger gefärbte Barytverbindung als Niederschlag und den Farbstoff in dem Alkohol gelöst zu erhalten. Diefes trat jedoch nicht ein; der Niederschlag war ziemlich braun gefärbt und die überstehende Flüssigkeit hatte eine röthlich-braune Farbe. Beide wurden durch Filtration getrennt, und die alkoholische Flüssigkeit verdunstet. Diese schied, als sie auf etwa  $\frac{1}{3}$  verdunstet war, eine dickflüssige Barytverbindung

aus, welche durch weiteres Verdampfen noch vermehrt wurde. Mit Alkohol und Salzsäure zerlegt, lieferte diese flüssige Verbindung eine Säure, welche flüssig war, der Niederschlag jedoch eine feste Säure; beide waren sehr braun gefärbt.

Aus diesem Verhalten der Säuren des Kartoffelfetts zu einer alkoholischen Barytlösung geht hervor, daß eine flüssige Säure in demselben enthalten ist, dessen Barytverbindung leicht in Alkohol löslich ist, und sich auch dann noch gelöst erhält, wenn ein großer Theil des Alkohols verdunstet ist. Da dieses Verhalten ein von dem des gewöhnlichen ölsauren Baryts abweichendes ist, so suchte ich auch das Bleisalz dieser flüssigen Säure darzustellen. Zu dem Ende wurde das flüssige Fett in Alkohol gelöst und mit essigsaurem Bleioxyd im Ueberschuß versetzt. Es bildete sich ein röthlich-brauner Niederschlag, aber nur in sehr geringer Menge, während der bei weitem größte Theil des Bleisalzes in Lösung blieb. Dieser Niederschlag löste sich zwar ebenso wie das ölsäure Bleioxyd in Aether, lieferte jedoch beim Zersetzen der Aetherlösung mit Salzsäure haltendem Wasser kein flüssiges, sondern ein festes Fett, dessen Schmelzpunkt bei  $35^{\circ}$  C. lag. Auch dieses Verhalten der flüssigen Säure zu Bleizucker zeigt wohl deutlich, daß dieselbe keine gewöhnliche Oelsäure ist. Um hierüber noch mehr Gewissheit zu erlangen, leitete ich durch einen Theil derselben einige Minuten lang salpetrige Säure; ein Erstarren der Masse, welches auf ein Entstehen von Elaidinsäure hätte hindeuten können, zeigte sich jedoch nicht. Ich möchte für diese Säure den Namen Solanoleinsäure vorschlagen; sie würde sich dadurch charakterisiren, daß sie bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist, daß ferner ihre Auflösung in Alkohol durch eine alkoholische Lösung von Bleizucker nicht gefällt wird und die Verbindung der Säure mit Baryt in Alkohol, selbst in wasserhaltendem, löslich ist.

Das zuerst als Niederschlag erhaltene Barytsalz lieferte, wie schon erwähnt, eine feste Säure, die sehr braun ge-

färbt war. Durch Umkrystallisiren aus wässrigem Alkohol wurde sie etwas weniger gefärbt erhalten, und mit Bleizucker behandelt gab sie eine Säure, deren Schmelzpunkt bei 51,5 C. lag. Ihre bräunliche Färbung und geringe Menge ließen jedoch nicht hoffen, daß bei einer öfteren Behandlung mit Bleizucker eine für eine Analyse hinreichend reine und genügende Quantität erhalten werden würde. Ich habe deshalb eine Untersuchung dieser Säure weiter nicht vorgenommen; sie ist ohne Zweifel eine Mischung aus den oben erwähnten festen Säuren des Fettes aus geschälten Kartoffeln.

Die aus dieser Untersuchung hervorgegangenen Resultate würden demnach folgende seyn:

1. Das Fett der Kartoffeln ist in der ganzen Masse derselben nicht gleichmäfsig vertheilt; die Schalen enthalten mehr Fett als die innere Masse und zwar etwa die Hälfte des ganzen Fettes, dessen Menge noch nicht 0,1 Proc. erreicht.

2. Das in den Schalen enthaltene Fett hat eine weiche Consistenz, wegen des größeren Gehalts eines flüssigen Fettes; daß in der inneren Kartoffelmasse enthaltene Fett ist mehr fest und im Saft gelöst, scheidet sich jedoch nach einiger Zeit ab.

3. In Berührung mit der Luft verändert sich das Fett schnell durch Sauerstoffaufnahme. Wahrscheinlich ist es die im Fett enthaltene flüssige Säure, die sich oxydirt.

4. Das Kartoffelfett besteht aus fetten Säuren und scheint gar kein Glycerin zu enthalten.

5. Es sind wenigstens drei fette Säuren in dem Kartoffelfett enthalten; die Solanostearinsäure  $C_{30}H_{50}O_4$ , welche fest ist und bei 50° C. schmilzt, die Solanoleinsäure, welche flüssig und durch ihr Verhalten zu Bleizucker von der Oleinsäure unterschieden ist, und eine dritte feste Säure, deren Schmelzpunkt bei 58° C. oder noch höher liegt.

6. Außerdem ist noch ein wachsartiger Körper in äußerst geringer Menge enthalten, welcher in ganz feinen Nadeln krystallisirt und einer Formel  $C_{36}H_{70}O$  entspricht.

Schließlich möchte ich noch mit einigen Worten auf die oben S. 228 angedeutete Möglichkeit des Entstehens der Fuselöle, speciell des Amyloxydes, durch ein bloßes Zerfallen der Säuren von der Form  $C_nH_nO_4$ , ähnlich wie der Zucker bei der Gährung, zurückkommen.

Betrachtet man nämlich die Reihe der fetten Säuren und der Amyloxydverbindungen derselben, so sieht man, daß diese letzteren metamer sind mit den höher in der Reihe liegenden Säuren. So ist:

1 At. Essigsaures Amyloxyd	$C_{14}H_{14}O_4$	=	1 At. Oenanthylsäure
1 At. Buttersaures	" $C_{15}H_{16}O_4$	=	1 At. Pelargonsäure
1 At. Oenanthylsaures	" $C_{24}H_{24}O_4$	=	1 At. Laurinsäure
1 At. Caprinsaures	" $C_{30}H_{30}O_4$	=	1 At. Solanostearinsäure
1 At. Laurinsaures	" $C_{34}H_{34}O_3$	=	1 At. Margarinsäure.

Sollte bei der Gährung, neben der Umwandlung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure, auch ein solches Zerfallen der fetten Säuren mit größerem  $n$  in Amyloxyd und eine fette Säure mit kleinerem  $n$  stattfinden? oder doch wenigstens bei einigen derselben?

Um diese Frage für die Säuren des Kartoffelfetts zu beantworten, habe ich zwei Zuckerlösungen in Gährung versetzt, von denen die eine bloß Rohrucker, die andere außerdem noch auf 12 Loth Rohrucker, in 1,5 Quart Wasser gelöst, 2 Drachmen Kartoffelfett aus ungeschälten Kartoffeln enthielt. Die Auflösung des letzteren war durch kohlen-saures Natron bewirkt; als Gährungsmittel wurde gewöhnliche Bierhefe verwandt, die vorher mit destillirtem Wasser ausgewaschen war. Der Verlauf der Gährung war in beiden Flüssigkeiten gleich; ein besonderer Geruch war bei der mit Kartoffelfett versetzten Zuckerlösung nach der Gährung auch nicht zu bemerken, wohl aber hatte dieselbe einen entschieden bitteren Geschmack angenommen, der vor der Gährung nicht vorhanden war, ähnlich dem, welchen die vergohrne Kartoffelmaische bei der Branntweinfabrikation hat. Auch nach der Destillation, welche mittelst Dampf ausgeführt wurde, war im Geruch der beiden Destillate kein besonderer Unterschied wahrzunehmen.

Hiernach könnte es scheinen als nähme das Kartoffelfett an der Bildung des Fuselöls bei der Gährung keinen Antheil; jedoch ist dies wohl keineswegs als bewiesen anzunehmen. Ebenso wie zur Buttersäure- und Milchsäuregährung eine eignes Ferment nothwendig ist, so möchte auch wohl zur Fuselölgährung, wenn eine solche existiren sollte, ein eignes Ferment nöthig seyn, welches vielleicht in den nicht coagulirbaren eiweisartigen Stoffen der Kartoffel zu suchen wäre. Ich behalte es mir noch vor, durch anderweitige Versuche dies später weiter zu verfolgen.

---

## V. Ueber die Fluorsalze des Antimons; von F. A. Flückiger,

Assistenten am chemischen Laboratorium der Universität zu Heidelberg.

---

Ueber den Begriff »Salz« sind die Chemiker noch getheilter Ansicht. Lavoisier kannte bloß Sauerstoffsalze und stellte daher den Satz auf, daß die Salze quaternäre Verbindungen seyen, entstanden durch Vereinigung einer Säure mit einer Basis.

Nachdem die wahre Natur des Kochsalzes aufgeklärt war, mußte der enorme Unterschied zwischen dessen Constitution und der der quaternären, *sauerstoffhaltigen* Salze auffallen. Berzelius führte daher für die binären Salze den Namen *Haloïdsalze* ein.

Davy suchte den Gegensatz zwischen beiden Arten von Salzen dadurch zu heben, daß er nur binäre annahm und alle Säuren für Wasserstoffsäuren erklärte. Bietet diese Ansicht auch manche Vorzüge, so trifft sie doch der Vorwurf, sich auf gar zu viele hypothetische Verbindungen von ganz irrationeller Zusammensetzung stützen zu müssen.

Zu einer dritten Anschauungsweise legte Berzelius selbst den Grund, indem er zeigte, daß der Schwefel sich einerseits mit sehr negativen, anderseits mit sehr positiven Elementen vereinigt, welche sich dann unter sich wie Säuren und Basen verhalten, also (quaternäre) *Schwefelsalze* bilden. Ebenso Selen und Tellur, und diese dritte Klasse von Salzen nannte Berzelius nun *Amphidsalze*.

Es war ein nahe liegender Gedanke, die noch negativeren Elemente Chlor, Brom, Jod ebenfalls als »*corpora amphigenia*« zu betrachten, wie dies auch wirklich von von Bonsdorff<sup>1)</sup> und P. Boullay<sup>2)</sup> ausgesprochen wurde. Beide unterstützten ihre Ansicht durch die Untersuchung einer großen Zahl von Jod-, Chlor- und Brom-Salzen. Diese beiden Chemiker kamen also auf Lavoisier's Definition zurück; sie hielten nur quaternäre Verbindungen für Salze, die Berzelius'schen Haloïdsalze aber für Säuren oder Basen. Die von Lavoisier ausschließlich dem Sauerstoff zugetheilte acidificirende (und basificirende) Rolle war somit auf eine ganze Gruppe negativer Elemente ausgedehnt.

Berzelius blieb bei seinen Ansichten stehen, und wollte die vollkommene Analogie der quaternären Chlor-, Brom- und Jod-Verbindungen mit seinen Amphidsalzen nicht anerkennen; der Widerspruch zwischen Salzen von binärer und quaternärer Zusammensetzung blieb ungelöst und wird von seiner Schule noch festgehalten.

Ein Einwurf<sup>3)</sup>, den man v. Bonsdorff machte, war, daß er keine Salze der negativsten Chloride mit den positivsten dargestellt habe. Bei der verhältnißmäßig sehr geringen Aufmerksamkeit, welche die Chemiker dieser Frage zugewendet, ist es begreiflich, daß noch nicht alle denkbaren derartigen Verbindungen nachgewiesen sind. Dennoch ist bereits eine hinlängliche Zahl derselben bekannt, um diese Einwendung zu entkräften. So ist anzu-

1) Diese Ann. Bd. 17, S. 115.

2) *Ann de Chim. et de Phys.* XXIV. 337.

3) Diese Ann. Bd. 17.

führen:  $\text{SbCl}^5 + 3\text{SCl}^2$  <sup>1)</sup> und  $\text{SnCl}^2 + 2\text{SCl}^2$  von H. Rose <sup>2)</sup>,  $\text{Hg}^2\text{Cl} + \text{SCl}$  von Capitaine <sup>3)</sup>,  $\text{KCl} + \text{I}^3\text{Cl}^3$  und  $\text{AmCl} + \text{I}^3\text{Cl}^3$  von Filhol <sup>4)</sup>,  $\text{KCl} + \text{OsCl}^2$ , so wie ein, freilich nicht analysirtes, Fluortellurnatrium von Berzelius.

Es wäre allerdings zu wünschen, daß gerade noch die Salze zwischen den Extremen der Spannungsreihe untersucht würden.

Ein anderer Grund, den H. Rose <sup>5)</sup> speciell gegen die von v. Bonsdorff so ausführlich untersuchten Chlороhydragyrate geltend machte, ist der Umstand, daß Quecksilberoxyd durchaus keinen sauren Charakter zeige, woraus geschlossen werden müßte, auch Quecksilberchlorid könne nicht als Säure auftreten. Davon abgesehen, daß letzteres Lackmus röthet, darf wohl diesem Bedenken die Behauptung entgegengestellt werden, wir seyen nicht zu der Erwartung berechtigt, daß die relative Acidität oder Basicität der Chlor-, Brom- etc. Verbindungen vollkommen der der Oxyde parallel gehe. Es kommen hierbei auch die Löslichkeitsverhältnisse in Betracht. — Einen Beweis für die Nichtexistenz eines solchen Parallelismus muß man auch in dem von Brunner <sup>6)</sup> dargestellten Salze  $\text{KS} + \text{HgS} + 5\text{HO}$  erblicken — einer Verbindung, die doch ohne allen Zweifel den Namen eines Schwefelsalzes verdient, so gut wie irgend eines der von Berzelius dargestellten.

Berzelius <sup>7)</sup> hatte auch eine große Zahl quaternärer Fluorverbindungen untersucht und dieselben als Doppelhaloïdsalze betrachtet, während v. Bonsdorff <sup>8)</sup> dieselben consequent als Fluorsalze ansprach. H. Rose <sup>9)</sup>, sonst

1) Diese Ann. Bd. 42, S. 532.

2) Ebendas. S. 517.

3) Journ. der Pharm. 25.

4) Ebendas.

5) Diese Ann. Bd. 55, S. 552.

6) Ebendas. Bd. 15, S. 596.

7) Ebendas. Bd. 1, S. 2, 4.

8) Ebendas. Bd. 19, S. 348.

9) Ebendas. Bd. 55, S. 537.

die Ansichten von Berzelius festhaltend, erkannte an, daß bei der unverkennbaren Analogie der quaternären Fluorverbindungen mit den Schwefelsalzen recht wohl die Klasse der Fluorsalze in v. Bonsdorff's Sinne, angenommen werden dürfe.

Das *Fluor* ist also gleichsam bestimmt, den Streit zu vermitteln. Wird einerseits von den Anhängern der Haloid-Theorie die Annahme von Fluorsalzen für zulässig gehalten, so käme es darauf an, zu zeigen, daß anderseits die Analogie derselben mit den quaternären Chlor-, Brom- und Jodverbindungen größer ist, als mit den Schwefelsalzen, daß also aus der Annahme der Fluorsalze unabweisbar die der Chlor-, Brom- und Jodsalze, in v. Bonsdorff's Sinne, folgen muß.

Wurde bisjetzt diese Analogie der quaternären Fluor- und Chlorverbindungen mehr oder weniger verkannt, so lag dies lediglich am Mangel an Material. Es sind nämlich bis auf den heutigen Tage noch keine hierher gehörige genau correspondirende Verbindungen des Fluors und Chlors bekannt geworden<sup>1)</sup>. Außerdem trägt auch wohl die Autorität von Berzelius einige Schuld, indem er von Bonsdorff's Schlüsse einfach ignorirte.

Von der Richtigkeit der von Bonsdorff'schen Anschauungsweise überzeugt, schien es mir von Interesse zu seyn, etwas zu deren näherer Begründung beizutragen. Es konnten zu diesem Zwecke zwei Wege eingeschlagen werden: entweder zu Berzelius'schen Fluorsalzen die entsprechenden Chlorsalze darzustellen, oder umgekehrt neue Fluorsalze nachzuweisen, für welche bereits die correspondirenden Chlorsalze untersucht sind. Es wurde letzteres vorgezogen, da es bei unserer mangelhaften Kenntniß des Fluors eher von Interesse seyn dürfte, das Heer der Salze um einige Verbindungen gerade dieses Elements zu vermehren.

1) Als einziges Beispiel könnte angeführt werden  $3\text{AmCl} + 2\text{TiCl}^3$ , was Rose dargestellt hat. Diesem zwar nicht genau correspondirend hat Berzelius  $\text{AmF} + \text{TiF}^2$  und  $\text{AmF} + 2\text{TiF}^2$  untersucht, jedoch nicht analysirt.

Die Wahl eines elektronegativen Elementes, das, mit Fluor verbunden, zur Uebernahme der Rolle einer Säure in den zu suchenden Fluorsalzen fähig wäre, konnte nur auf das Antimon fallen, da die Fluoride des Chlors, Broms, Jods und wohl auch des Schwefels und Phosphors nicht zu existiren scheinen, und auch das Antimon allein die Bedingung erfüllte, Chlorsalze aufweisen zu können, die schon untersucht sind.

Das Fluorantimon war Gegenstand der Untersuchungen von Berzelius und Dumas. Ersterer fand 1824<sup>1)</sup>, daß Antimonoxyd sich in Flußsäure löst und damit eine krystallisirbare Verbindung giebt, welche sich leicht und ohne Zersetzung in Wasser löst. Ferner führt er an<sup>2)</sup>, das Fluorantimon gebe mit den Fluorüren der Alkalimetalle „Doppelsalze“, die schwerer löslich seyen, als die des Urans, jedoch krystallisiren. Ueberhaupt, giebt er an, lösen sich die Fluorsalze in Wasser meist schwieriger, als die einzelnen darin enthaltenen Fluorüre für sich. Es scheint demnach, daß Berzelius keines dieser Doppelsalze genauer untersucht hat; ja man möchte nach den hiernach folgenden Angaben über die Löslichkeitsverhältnisse dieser Salze beinahe vermuthen, er habe überhaupt keines wirklich dargestellt.

Dumas<sup>3)</sup> stellte 1826 das Fluorantimon dar durch Destillation von Fluorquecksilber mit Antimon. Er giebt davon an, es sey bei gewöhnlicher Temperatur fest, schneeweifs, flüchtiger als wasserfreie Schwefelsäure, jedoch weniger flüchtig als Wasser. Seine Zusammensetzung entspreche dem Oxyd und dem Chlorid. — Quantitative Bestimmungen machten demnach weder Berzelius noch Dumas, da ja allerdings über das Verhältnifs des Fluors zum Antimon, der Analogie nach, kein Zweifel seyn konnte.

1) Pogg. Ann. Bd. I. S. 34.

2) A. a. O. S. 47.

3) *Lettre de M. Dumas à M. Arago. Ann. de Ch. et de Ph.* T. 31. p. 433.

Auffallend bleibt es jedoch, daß Berzelius in seinem Lehrbuche auch die Verbindungen  $\text{SbF}^4$  und  $\text{SbF}^5$  auführt, und ihnen ähnliche Eigenschaften, wie dem Fluorid  $\text{SbF}^3$  zuschreibt, namentlich auch die Fähigkeit, sich mit positiveren Fluormetallen zu verbinden. — Ich werde unten darauf zurückkommen. — Es schien also wünschenswerth genug, vorerst noch einmal die Verbindungen des Fluors mit Antimon einer Prüfung zu unterwerfen.

Zur Darstellung des Fluorantimons löst man am besten das Oxyd in Flußsäure. Denn das Antimon selbst wird von der stärksten Flußsäure so wenig gelöst, wie von Salzsäure. Eben so wenig gelingt es, das Fluorid zu erhalten, wenn man ein Gemenge von Flußspath, Antimon oder Antimonoxyd, in passenden Verhältnissen mit Schwefelsäure der Destillation unterwirft. Das Destillat enthält wenig oder kein Antimon, wohl aber geht, im ersteren Falle (wenn man Antimon nimmt), viel schwefliche Säure über, während sich im Halse der Platinretorte Schwefel sublimirt.

Fluorquecksilber mit Antimon zu destilliren, ist eine in jeder Beziehung undankbare Methode zur Darstellung des Fluorantimons.

In ziemlich concentrirter Flußsäure löst sich hingegen das Antimonoxyd sehr leicht und unter der heftigsten Wärmeentwicklung, die bei der Anwendung nur weniger Grammen Substanz so weit geht, daß man die Platinschale nicht mehr in der Hand zu halten vermag. Die Einwirkung ist viel heftiger als die der Salzsäure.

Verdunstet man die überschüssige Säure haltende Lösung langsam bei 70 bis 90°, so erhält man farblose durchsichtige Krystalle von nicht unbedeutender Größe, deren Grundform ein rectanguläres Octaëder des rhombischen Systems ist, also vollkommen dem Chlorid entsprechend, wie es beim Erkalten des wasserfreien geschmolzenen Butyrum Antimonii anschießt. So vollständig ausgebildete deutliche Octaëder, wie das Chlorid, zeigt jedoch das Fluorid

nicht <sup>1)</sup>), sondern die meisten Krystalle sind hier hexagonale Tafeln, eine Combination des stark abgestumpften Octaëders mit einem rhombischen Prisma, wobei die Octaëderflächen oft bis zum fast völligen Verschwinden unterdrückt sind. Aehnliche hexagonale Tafeln zeigt auch  $\text{SbCl}^3$ , nur ist das hier auftretende rhombische Prisma schärfer. — Läßt man eine Lösung von Fluorantimon rasch verdunsten, so erhält man Prismen, und dampft man sehr rasch ein, bei stetem Ueberschuß von Säure, so schießen kleine Schüppchen an.

Weder die concentrirte Lösung, noch das Salz raucht an der Luft. Die Krystalle lassen sich nicht trocknen; preßt man sie zwischen Löschpapier, so ziehen sie Wasser an und zerfließen, bevor man sie ganz von der Mutterlauge befreien kann. Sie schmecken sehr scharf sauer, erst hintennach styptisch. Sie lösen sich sehr leicht in Wasser, und die Lösung läßt sich ohne Trübung mit jeder beliebigen Quantität Wasser vermischen. Dampft man aber die Auflösung ein, ohne Säure hinzuzugeben, so scheidet sich bei einiger Concentration ein unlösliches Pulver aus, wohl Oxydfluortür, das sich auf Zusatz von Flußsäure (auch Salzsäure) sofort wieder löst. Eben so rasch erleiden die an der Luft zerfließenden Krystalle dieselbe Zersetzung, indem sie fortwährend Flußsäure ausgeben und sich dann nach kurzem Liegen an der Luft nicht mehr vollständig in Wasser lösen. Daß dieses Fluorantimon so leichtflüchtig sey, wie Dumas angiebt, konnte ich nicht finden. An der Luft läßt es sich allerdings in dicken weißen Dämpfen verflüchtigen; aber es bleibt immer etwas Antimonoxyd im Platinlöffel zurück. Ich versuchte, etwas des rasch zwischen Löschpapier ausgepreßten Fluorids in der Platinretorte zu destilliren. — Es ging jedoch bei Rothglühhitze nichts über, sondern es fanden sich bloß im Retortenbalse

1) Man wird freilich nicht leicht mit größeren Quantitäten des letzteren arbeiten und wohl schon deshalb nicht so gute Krystalle beobachten können.

dicke harte Krusten, welche nach innen mit feinen glänzenden Nadeln ausgekleidet waren, während im Grunde der Retorte viel Antimonoxyd enthalten war. Die Krusten waren äußerst zerfließlich. — Es scheint demnach das trockene Fluorantimon bei Luftzutritt (die angewandte Platinretorte war ziemlich geräumig) nur theilweise flüchtig zu seyn, und zwar vermuthlich in der Weise, daß ein Theil in Flußsäure verdampft, welche sich auf Kosten eines anderen Theils bildet.

Daß das Fluorantimon keine sehr große Beständigkeit zeigt, obgleich die Verbindung augenscheinlich eine innigere ist, als beim Chlorantimon, erklärt sich wohl durch die außerordentliche Tendenz des Fluors, Gasform anzunehmen und sich mit Wasserstoff zu verbinden.

Bei diesen Eigenschaften des Fluorantimons schien eine directe Analyse desselben nicht wohl mit Genauigkeit ausführbar. Es wurde indessen eine Probe kleiner Krystallschüppchen rasch so gut als möglich getrocknet und gewogen, dann durch Schwefelsäure zersetzt (wobei sich Flußsäure erst bei Anwendung von Wärme entwickelt) und mit Schwefelwasserstoff gefällt. Das bei 100° getrocknete Schwefelantimon entsprach einem Gehalte von 68,38 Proc. Antimon. Die Rechnung verlangt

		Gefunden.
Sb 129,0	69,69	68,38
3 F 56,1	30,31	
185,1.	100,00.	

Es kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, daß die Verbindung wasserfreies  $\text{SbF}_3$  ist. — Daß sie sich an der Luft durch Verlust von Fluor unter Aufnahme von Sauerstoff zersetzt, wird durch Folgendes bewiesen. Es wurden ziemlich gut ausgebildete prismatische Krystalle zwischen Löschpapier gepreßt. Da dieselben viel Mutterlauge einschlossen, so dauerte es einige Zeit, bis sie nur einigermaßen trocken erschienen. Sie gaben dann 75,12 Proc. Antimon (eine zweite Analyse 75,66 Proc.) und 15,09 Proc.

Fluor (als  $\text{CaF}$  bestimmt). Man könnte hieraus die Formel  $\text{SbF}^3 + \text{SbO}^3$  ableiten:

			Gefunden.	
2 Sb	258,0	76,30	75,12	75,66
3 F	56,1	16,60	15,09	
3 O	24,0	7,10		
	338,1	100,00		

Das aber die analysirte Substanz ein Oxyfluorür von constanter Zusammensetzung sey, scheint mir nicht ganz sicher; es möchte vielmehr nur anzunehmen sein, daß die Zersetzung des Fluorantimons in dem angeführten Sinne vor sich gehe und vielleicht erst mit dem gänzlichen Verluste des Fluors ihr Ende erreiche. Jedoch zerfließt dieses Oxyfluorür, wenn man es einmal zwischen Löschpapier getrocknet hat, an der Luft nicht weiter, und es scheint auch zu entstehen, wenn man überschüssiges Antimonoxyd mit Flußsäure behandelt.

Was nun die beiden von Berzelius angegebenen Fluoride  $\text{SbF}^4$  und  $\text{SbF}^5$  betrifft, so ist sehr zu bedauern, daß Er deren Darstellung nirgends mitgetheilt hat. — — — An die wirkliche Existenz der ersteren Verbindung wird gewiß Niemand mehr glauben; Berzelius hatte sie wohl lediglich nach Analogie der sogenannten antimonigen Säure  $\text{SbO}^4$  erschlossen, die gegenwärtig kein Chemiker mehr für eine binäre Verbindung hält. — Dagegen mußte es für in hohem Grade wahrscheinlich gehalten werden, daß Antimon sich mit 5 Aeq. Fluor verbinde, wenn man sich von der Analogie des Fluors mit dem Chlor leiten ließe. — Die Unbeständigkeit des Fluorids  $\text{SbF}^3$  aber war freilich geeignet, Zweifel zu erwecken. Es wurden folgende Versuche gemacht  $\text{SbF}^5$  zu erhalten. — Wasserfreie, durch Oxydation mit Salpetersäure erhaltene Antimonsäure wird von concentrirter Flußsäure nicht aufgelöst. Anders verhält sich scheinbar Antimonsäurehydrat (aus dem Kalisalz durch  $\text{NO}^5$  gefällt), da es beim Uebergießen mit Flußsäure unter Wärmeentwicklung verschwindet. Die Lösung ist jedoch nur scheinbar: filtrirt man, so bleibt eine durch-

sichtige Gallerte von Antimonsäure auf dem Filtrum zurück, und die Lösung enthält nur Spuren von Antimon. Die Wärmeentwicklung erklärt sich aus der Verbindung der Flußsäure mit dem Hydratwasser der Antimonsäure.

Es wurden nun 3 Aeq. kohlensaures Kali mit 1 Aeq. Antimonsäurehydrat gemengt (um vielleicht doch durch praedisponirende Affinität das Antimon zur Aufnahme von 5F zu zwingen und das Salz  $3KF + SbF^5$  zu erhalten) mit concentrirter Flußsäure behandelt, gekocht und filtrirt. Aber aus dem Filtrat schloß nur zerfließliches Fluorkalium an, während auf dem Filtrum die Antimonsäure zurückblieb.

Antimonsäure mit Flusspath und Schwefelsäure der Destillation unterworfen, gab kein Fluorantimon, und ebenso wenig wurde  $SbF^5$  gebildet, als Antimonsäure mit trockenem Fluorquecksilber in der Platinretorte geglüht wurde.

Nach diesen negativen Resultaten darf angenommen werden, daß auch  $SbF^5$  ebenso wenig existirt, als  $SbF^4$ .

#### Kaliumfluorantimoniate.

Nachdem also diese vorläufigen Versuche zur näheren Kenntniß der »Fluorantimonsäure« geführt hatten, wurde der eigentliche Gegenstand der Untersuchung, die Darstellung von Fluorantimoniaten wieder aufgenommen, und der Anfang mit einem Kaliumsalze gemacht.

Es schien a priori am wahrscheinlichsten, daß diese Fluorantimoniate, wenn sie wirklich existirten, nach der allgemeinen Formel  $3RF + SbF^3$  zusammengesetzt seyen. Daraus wurde das Verhältniß von 153 Theilen Antimonoxyd zu 200 Theilen kohlensaurem Kali abgeleitet. Ersteres wurde mit Wasser zu einem Brei angerührt, in überschüssiger Flußsäure gelöst, und diese dann durch das kohlensaure Kali so weit gesättigt, daß jedenfalls noch etwas freie Säure blieb. Die Lösung wurde mit Hülfe eines silbernen Trichters durch Papier filtrirt und in der Platinschale der Frostkälte ausgesetzt. Nach Kurzem krystallisirten

kleine Blättchen in solcher Menge heraus, daß das Ganze zu einem steifen Brei erstarrte. Durch die Art der Aneinanderlegung der Krystalle wird jedoch so viel Mutterlauge eingeschlossen, daß man sich über die Menge des angeschossenen Salzes sehr täuscht.

Beim Umkrystallisiren und langsamen Erkalten nahm das Salz dann die Form (wohl ein Quadratcentimeter gross) ganz dünner durchsichtiger rectangulärer Blätter an, welche dem aus Weingeist krystallisirenden Naphthalin täuschend ähnlich sind — davon abgesehen, daß das letztere rhombische Tafeln bildet. Am schönsten erhält man die Krystalle, wenn man eine gesättigte Lösung bei 60 bis 70° verdunstet.

Auch nach mehrmaligem Umkrystallisiren behält das Salz saure Reaction; es schmeckt anfangs angenehm säuerlich, hinterher aber styptisch.

1 Theil dieses Salzes löst sich bei 13° C. in 9 Theilen Wasser; aber in etwas weniger als seinem doppelten Gewichte kochenden Wassers, und diese Lösung erstarrt beim Erkalten zu einer festen Masse. Alkohol und Aether lösen es nicht, sondern fällen die gesättigte oder verdünnte wässrige Lösung in unkrystallinischen Flocken. — Uebergießt man die Krystalle mit concentrirter Schwefelsäure, so verlieren sie sogleich ihre Durchsichtigkeit, es entweicht unter Wärmeentwicklung, jedoch ohne Aufbrausen, ein Theil der Flußsäure. Auch beim Erwärmen dauert es sehr lange, bis alles Fluor ausgetrieben ist, und noch länger, wenn man concentrirte Salzsäure in großem Ueberschuß, statt der Schwefelsäure, anwendet.

Bis 120° C. verliert das Salz nicht an Gewicht; bei stärkerer Hitze, welche indessen noch unter der am Tage sichtbaren Rothgluth liegt, schmilzt es ganz ruhig ohne Knistern und verliert dabei, im geschlossenen Platintiegel, nur 0,8 bis 1,6 Proc. Beim Erkalten erstarrt es zu einer großblättrigen krystallinischen Masse. Beim Erhitzen im offenen Tiegel tritt erst bei sehr hoher Temperatur Zersetzung ein. Je nachdem man die Temperatur sehr lang-

sam steigert oder sogleich eine starke Hitze giebt, beträgt der Verlust dabei 9 bis 14 Proc. Das Atomgewicht des Salzes, nach den unten folgenden Analysen, beträgt

... 302,5 —. Angenommen,

dafs beim Erhitzen das Fluor fort-  
gehe, das an Antimon gebun-

ist ... 56,1

246,4 und das Antimon

dafür 3O aufnehme = ... 24

so beträgt der Rückstand ... 270,4, der Verlust also  
= 10,6 Proc.

Geht nun anfangs etwas  $\text{SbF}_3$ , oder gar etwas des un-  
zersetzten Salzes fort, so erklärt sich der beobachtete  
Glühverlust ganz gut. — Die alkalische Reaction des Glüh-  
rückstandes ist wohl dem entstandenen neutralen Fluor-  
kalium zuzuschreiben.

Wird das Salz sorgfältig getrocknet und in trockne  
Glasgefäße sehr gut eingeschlossen, so wird das Glas (we-  
nigstens so weit ich im Verlaufe von vier Monaten be-  
merken konnte) nicht angegriffen, wohl aber, so wie nur  
eine Spur Feuchtigkeit dazu gelangt. Jedoch leistet recht  
glattes Glas viel besseren Widerstand, als rauhes oder gar  
rissiges. Die Lösung greift bei freiwilligem Verdunsten  
das Glas sehr stark an.

Durch Zink und Zinn wird das Antimon aus der Lö-  
sung gefällt; jedoch ist die Fällung auch nach längerer  
Zeit und bei Zusatz von Salzsäure oder Schwefelsäure we-  
nigstens bei Anwendung von Platingefäßen nicht vollstän-  
dig, so dafs es nicht gelingt, auf diese Weise das Antimon  
zu bestimmen.

Die Analyse wurde daher in der Art ausgeführt, dafs  
erst aus einer gewogenen Quantität das Fluor durch Er-  
wärmen mit Schwefelsäure ausgetrieben wurde, um bei den  
weiteren Operationen in Glasgefäßen arbeiten zu können.  
Es dauert auch bei starkem Erwärmen im Sandbade und  
großem Ueberschusse von concentrirter Schwefelsäure meh-  
rere Stunden, um nur aus einem Gramm Salz alles Fluor  
voll-

vollständig zu verjagen. War dies erreicht, so wurde mit Wasser verdünnt (wobei gewöhnlich eine Fällung von Antimonoxyd oder basischem Salze erfolgte) und alles Antimon mit Schwefelwasserstoff gefällt.

Das Schwefelantimon wurde auf einem gewogenen Filtrum gesammelt, bei  $100^{\circ}$  getrocknet und gewogen, dann wieder durch Königswasser oxydirt, um den Schwefelgehalt zu bestimmen. Die gefundene Quantität Schwefelantimon, weniger der aus dem schwefelsauren Baryt berechnete Schwefel, gab den Antimongehalt <sup>1)</sup>. Diese Methode der Antimonbestimmung wurde gewählt, weil bekanntlich die Reduction des Schwefelantimons mittelst Wasserstoffgases eine bei weitem unangenehmere und unzuverlässigere Arbeit ist.

Das Kali wurde in der vom Schwefelantimon abfiltrirten Flüssigkeit auf gewöhnliche Weise als schwefelsaures Kali bestimmt, und das Fluor als Fluorcalcium mittelst einer neuen Probe des Salzes. Wenn bei dieser Gelegenheit die reine Lösung dieses (oder eines der folgenden) Salzes mit Chlorcalcium gefällt wurde, so schied sich im Filtrate basisches Antimonchlorid (Algarotpulver) in sehr schönen Krystallen aus, wie sie sonst nicht leicht erhalten werden. Es war daher nothwendig, entweder sehr rasch das Fluorcalcium abzufiltriren, oder die Lösung von vornherein mit Weinsäure zu versetzen. Aus der Vernachlässigung dieser Vorsichtsmaßregeln erklärt sich der Ueberschuss an Fluor, den die eine der folgenden Analysen zeigt.

Die Resultate von zwei Analysen des Kaliumsalzes sind:

In 100 Theilen.

K	27,78	27,18
Sb	41,71	41,60
F	30,41	32,89
	99,90.	101,67.

- 1) Bei einigen der unten folgenden Analysen wurde diese Vorsicht unterlassen, d. h. das erhaltene Schwefelantimon direct als  $SbS^3$  berechnet, da es sich zeigte, daß man dabei höchstens einen Mehrgehalt von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Proc. Antimon, im ungünstigsten Falle, erhält, wenn nämlich eine sehr saure Lösung sehr langsam durch Schwefelwasserstoff gefällt wird.

Sie führen zu der Formel  $2\text{KF} + \text{SbF}^3$ , welcher zufolge die Zusammensetzung des Salzes ist:

2 K	80,0	26,45
Sb	129,0	42,64
5 F	93,5	30,91
	302,5.	100,00.

Das entsprechende Chlorsalz  $2\text{KCl} + \text{SbCl}^3$ , in »schiefen rhombischen Säulen« krystallisirend, hat Jacquelin<sup>1)</sup> dargestellt.

Manchmal wenn eine frisch bereitete Lösung des Salzes zum Krystallisiren hingestellt wurde, schieden sich statt der gewöhnlich anschliessenden Tafeln, kleine spitze Octaëderchen oder rhombische Blättchen aus. Blieb diese Krystallisation einige Tage stehen, so trübte sich die Flüssigkeit nach und nach, die Krystalle verloren ihre Durchsichtigkeit und bedeckten sich mit einem weissen Pulver. Wurde die Flüssigkeit dann etwas verdünnt und unter Zusatz von etwas Flusssäure erwärmt, so löste sich alles klar; aber die Flüssigkeit setzte dann bald die gewöhnlichen rechteckigen Tafeln ab. Ueber die Umstände, unter denen sich dieses octaëdrische Salz bildet, kam ich nicht ins Klare, und Versuche zu dessen Darstellung mislangen mehrmals. — Die Analyse desselben ergab:

K	27,45
Sb	41,40.

Es ist ebenfalls wasserfrei und muß also, trotz der anscheinend verschiedenen Krystallform, dasselbe Salz seyn wie das erste. Es hat übrigens auch dieselben Löslichkeitsverhältnisse und verwandelt sich in die besprochenen rechteckigen Tafeln, wenn es gelöst wird und die Lösung bei 40 bis 50° verdunstet.

Es wurde oben darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Darstellung dieses ersten Kaliumsalzes die Verbindung  $3\text{KF} + \text{SbF}^3$  erwartet wurde. Da sich nun, obwohl die Verhältnisse in diesem Sinne gewählt worden waren, das Salz  $2\text{KF} + \text{SbF}^3$  bildete, so scheint es wohl, daß wenigstens

1) *Ann. de Ch. et de Phys.* 66.

in Bezug auf KF, die Säure  $\text{SbF}^3$  größere Neigung hat, sich mit 2 Atomen Basis zu verbinden.

Aehnlich scheint es auch bei den entsprechenden Chlor-salzen zu seyn <sup>1)</sup>, — dafs auch  $3\text{KF} + \text{SbF}^3$  existire, ist wahrscheinlich; es wurde aber nicht versucht, dasselbe zu erhalten, da ein unterdessen dargestelltes Natriumsalz schon ein gutes Beispiel eines solchen 3 basischen Fluorsalzes lieferte. Dagegen schien es von Interesse, zu prüfen, ob auch Salze nach der Formel  $\text{RF} + \text{SbF}^3$  zu erhalten seyen. Es glückte dies in der That, als  $\text{KO} + \text{CO}^2$  und  $\text{SbO}^3$ , in den passenden Verhältnissen, mit HF behandelt wurde. Es schossen aus der in der Wärme gesättigten Lösung grofse, harte, an der Luft trübe werdende Octaëder an, und bei langsamerer Erkaltung feine seidenglänzende weiche Nadeln, die sich bald Wawellit-artig, bald wie lockerer Asbest gruppirt und sehr viel Mutterlauge einschlossen. Die Octaëder gehören dem rhombischen Systeme an und sind mit einer rhombischen Säule derselben Ordnung combinirt ( $\text{P} : \infty \text{P}$  nach Naumann's Bezeichnungsweise); die Winkelwerthe <sup>2)</sup> sind  $\text{P} : \text{P} = 114^\circ,6'$  (Octaëderwinkel der im makrodiagonalen Hauptschnitte liegenden Endkante)

$$\infty \text{P} : \infty \text{P} = 79^\circ 40' \text{ und } 100^\circ 20'$$

$$\text{P} : \infty \text{P} = 148^\circ 30'.$$

Secundäre Flächen kommen nur selten und undeutlich vor. Dieses Salz verliert bei  $100^\circ \text{C.}$  nichts, ist also ebenfalls wasserfrei. Es ist leichter löslich als das vorige Salz. 1 Theil verlangt nur  $2\frac{3}{4}$  Wasser zur Lösung; die gut ausgebildeten Octaëder, wie sie gleich anfangs einmal anschossen, konnten jedoch später entweder gar nicht mehr oder nicht gut erhalten werden, sondern blofs die Nadeln. Die Analysen gaben in 100 Thl.

Octaëder.	Nadeln.
-----------	---------

K 15,62	und 14,50
---------	-----------

Sb 52,58	und 53,66
----------	-----------

1) Jacquelin. *Ann. de Ch. et de Ph.* T. 66 über  $2\text{KCl} + \text{SbCl}^3$ .

2) Deren Bestimmung ich der Gefälligkeit des Hrn. Prof. Delffs verdanke.

Die Rechnung verlangt

K	40,0	16,40
4F	74,8	30,67
Sb	129,0	52,93
<hr/> KF + SbF <sup>3</sup>		243,8. 100,00.

Das entsprechende Chlorsalz ist nicht bekannt. Ein vorläufiger Versuch, es zu erhalten, gab mir kein Resultat.

#### Natriumfluorantimoniat.

Es wurde auf das Salz  $3\text{NaF} + \text{SbF}^3$  ausgegangen und daher  $153\text{SbO}^3$  in überschüssiger Flusssäure gelöst und  $126\text{NaF}$  (da dieses eben zu Gebote stand) zugesetzt. Beim Erkalten der heifs gesättigten Lösung schiefen kleine äusserst stark glänzende durchsichtige Prismen an, welche ganz frei und isolirt zwischen körnig abgeschiedenen Theilchen des Salzes liegen. Diese Prismen erreichen, auch bei langsamer Verdunstung beträchtlicher Quantitäten der Lösung, nie eine Länge von  $0^m,003$ , während die Dicke immer weniger als  $0^m,001$  beträgt. Unter der Lupe betrachtet, erweisen sie sich als rhombische Säulen mit gerade aufgesetzten Octaëderflächen, welche nur sehr selten durch domatische Flächen modificirt sind. Diese einfache Form zeigt sich mit der wunderbarsten Regelmässigkeit.

Die allgemeinen Verhältnisse dieses Salzes sind dieselben, wie die des ersten Kaliumsalzes. Jedoch verlangt es bei gewöhnlicher Temperatur 14 Thl. Wasser zur Lösung und ist auch in der Siedhitze nicht in weniger als 4 Thl. löslich. Die Lösung reagirt und schmeckt ebenfalls sauer. Es erfordert auch eine etwas höhere Temperatur zum Schmelzen, welches zwar ruhig ohne Knistern, jedoch nicht ohne Zersetzung vor sich geht. So betrug der Verlust bei möglichst vorsichtig in geschlossenem Platintiegel geschmolzenem Salze doch schon 5,8 Proc. Die Schmelzung ist auch weniger deutlich, es ist fast mehr ein Zusammensintern, und beim Erkalten zieht sich die Masse stark zusammen, ohne die schöne blätterige Structur des geschmolzenen Kaliumsalzes zu zeigen. Beim Glühen im offenen

Tiegel bleibt zuletzt nur ungefähr die Hälfte zurück, woraus hervorgeht, daß Fluorantimon entweichen muß. Aus dem alkalisch reagirenden Rückstande nimmt auch Königswasser noch etwas Wasser auf.

Dieses Salz ist ebenfalls wasserfrei; Schwefelsäure zersetzt es langsam, ohne Aufbrausen. Die Analysen wollten anfangs kein bestimmtes Resultat geben, wahrscheinlich weil die körnigen Theilchen eine andere Zusammensetzung haben, als die Prismen. Umkrystallisirtes, fast nur aus Prismen bestehendes, Salz gab in 100 Thl.

Na 22,84 und 22,94

Sb 38,40.

Hiernach ist die Formel des Salzes, wie erwartet wurde,  $3\text{NaF} + \text{SbF}^3$ .

3 Na	69,6	22,39
6 F	112,2	36,11
Sb	129,0	41,50
	310,8	100,00.

Die Abweichung in der Bestimmung des Antimongehaltes ist dem angeführten Uebelstande zuzuschreiben. —

Das entsprechende Salz  $3\text{NaCl} + \text{SbCl}^3$  krystallisirt nach Poggiale <sup>1)</sup> in Blättern.

#### Lithiumfluorantimoniat.

Es wurde das Salz  $2\text{LF} + \text{SbF}^3$  erhalten. Es krystallisirt sehr schwierig in großen wasserfreien Prismen von nicht erkennbarer Form, die über 20 Thl. Wasser zur Lösung erfordern.

		Rechnung.	Analyse.
2 L	12,8	5,44	4,40
5 F	93,5	39,75	
Sb	129,0	54,81	55,25
$2\text{LF} + \text{SbF}^3$	235,3.	100,00.	

Es konnte, wegen augenblicklichen Mangels an Lithion, keine größere Quantität des Salzes dargestellt werden, um

1) *Compt. rendus XX.*

es einer ausführlicheren Prüfung zu unterwerfen. — Ein Lithiumchlorantimoniat ist noch nicht untersucht.

#### Ammoniumfluorantimoniat.

Auch hier wurde das Salz  $2\text{AmF} + \text{SbF}^3$  erhalten, obwohl die Bestandtheile (d. h.  $\text{AmO} + \text{CO}^2$ ,  $\text{SbO}^3$  und  $\text{HF}$ ) in Quantitäten zusammengebracht wurden, welche der Formel  $3\text{AmF} + \text{SbF}^3$  entsprachen. Es schießt in großen rhombischen Tafeln und Prismen an, welche dem rhombischen Systeme angehören. Erstere sind Combinationen des Octaëders mit dem Prisma (dessen Winkel ungefähr  $92^\circ$  und  $88^\circ$  betragen) und der sehr vorherrschenden Endfläche ( $\infty\text{P}.\infty\text{P.P}$ ). Die Prismen zeigen die rhombische Säule, verbunden mit einem Brachydoma und einem Brachypinaköid ( $\infty\text{P}.\bar{\text{P}}\infty.\infty\bar{\text{P}}\infty$ ).

Dieses Salz ist ebenfalls wasserfrei, zieht jedoch an feuchter Luft etwas Wasser an. Es löst sich in 0,902 Thl. Wasser unter beträchtlicher Erkältung. Die Temperaturdepression ist jedoch geringer als bei Chlorammonium. 7 Grm. des Fluorsalzes in 7 Grm. Wasser von  $17,5^\circ\text{C}$ . gelöst, brachten die Temperatur auf  $10,5^\circ$  herab, während die gleiche Quantität Wasser, mit Salmiak gesättigt, auf  $6^\circ$  erkältet wurde. — Die wässrige Lösung schmeckt sehr scharf sauer, reagirt sauer, greift Glas sehr stark an und wird von Weingeist und Aether in Flocken gefällt. Schwefelsäure zersetzt das Salz unter starker Erhitzung und Aufbrausen. Es verliert bei  $140^\circ\text{C}$ . noch kein Ammoniak, wohl aber scheint es bei längerem Liegen an der Luft eine Zersetzung zu erleiden, da es sich alsdann nur theilweise löst, wenn man es mit dem gleichen Gewichte Wasser übergießt. Erst bei Zusatz von etwas Flusssäure erfolgt vollständige Lösung.

Es läßt sich auch nicht schmelzen; bei langsamem Erhitzen sublimirt sich ein Theil (Fluorammonium) und es bleibt etwas Antimonoxyd zurück; erhitzt man es sehr rasch im offenen Platintiegel, so gelingt es, alles vollständig zu verflüchtigen, indem anfangs alkalische Dämpfe von Ammoniak fortgehen.

Reibt man das trockne Salz mit sorgfältig abgetrocknetem Natrium zusammen, so erfolgt erst bei etwas starkem Drucke Zersetzung unter schwachen Detonationen. Uebergießt man nach beendigter Einwirkung die Masse mit Wasser und wäscht mit Salzsäure aus, so bleiben schwarze Flocken von Antimon zurück. — Umwickelt man das Salz mit einer Natriumfolie, legt es auf eine harte Unterlage und führt einen kräftigen Hammerschlag darauf, so erfolgt eine sehr heftige Explosion mit starkem Knall und Feuererscheinung. Die Zersetzung ist gleichwohl nicht ganz vollständig.

Ebenso verhalten sich natürlich die oben beschriebenen Salze des Kaliums, Natriums und Lithiums.

Zwei Analysen gaben 48,10 Proc. Antimon, woraus die Formel  $2\text{AmF} + \text{SbF}^3$  folgt.

2 Am	36,0	13,92
5 F	93,5	36,18
Sb	129,0	49,90
$2\text{AmF} + \text{SbF}^3$	258,5	100,00.

In Glasgefäßen läßt sich dieses Salz kaum, oder doch jedenfalls viel schwieriger als das Kaliumsalz aufbewahren.

Jacquelain <sup>1)</sup> hat das correspondirende Chlorantimoniat  $2\text{AmCl} + \text{SbCl}^3$  untersucht. Es krystallisirt sonderbarer Weise in Formen des hexagonalen Systems (*Dodécaèdres dérivés du prisme hexaèdre à six faces*). — Ein wasserhaltiges Salz  $2\text{AmCl} + \text{SbCl}^3 + 2\text{HO}$  hat Poggiale <sup>2)</sup> dargestellt. Es soll in *«hexaèdres ou pyramides d'hexaèdres»* (!) krystallisiren.

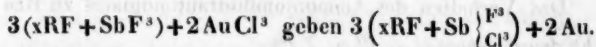
Wie viel inniger die Verbindungen des Antimons mit dem Fluor sind, als mit dem Chlor, zeigt sich auch darin, daß die Chlorantimoniate durch viel Wasser zersetzt werden, während die Fluorsalze sich mit jeder beliebigen Quantität Wasser ohne Trübung vermischen und daraus durch Abdampfen wieder erhalten lassen.

Das Verhalten des Ammoniumfluorantimoniates zu Rea-

1) *Ann de Chim. et de Phys.* T. 66.

2) *Compt. rendus* XX.

gentien bietet nichts Auffallendes dar. Es giebt, in gesättigter Lösung angewandt, Niederschläge mit den Salzen von Lithion, Baryt, Strontian, Kalk (noch mit  $\text{CaO} + \text{SO}^3$  reichliche Fällung), Thonerde, Eisenoxyd, Kobalt-, Nickel- und Manganoxydul, Bleioxyd, Quecksilberoxyd (krystallinischen Niederschlag mit  $\text{HgO} + \text{NO}^5$ , gallertartigen mit  $\text{HgCl}$ ), Zinnoxid. Nicht gefällt wird es dagegen von den Salzen folgender Basen: Eisenoxydul, Zinkoxyd, Kadmiumoxyd, Kupferoxyd, Zinnoxidul, Uranoxyd. Auch mit Strychnin-, Morphin-, Chinin- und Cinchonin-Salzen giebt es keine Niederschläge. Mit Platinchlorid giebt es sogleich einen Niederschlag von Platinsalmiak (ähnlich das Kaliumfluorantimoniat); das Natriumsalz giebt dagegen weder Fällung noch auch beim Kochen Reduction von Platin. Durch alle beschriebenen Fluorantimoniate wird aber in Quecksilberoxydul- und Silberoxydsalzen anfangs ein weißer Niederschlag, dann aber, zumal beim Erwärmen, eine Reduction des Metalles hervorgebracht. Goldchlorid hingegen wird augenblicklich reducirt und das Gold als äußerst feines Pulver ausgeschieden. Filtrirt man dann und dampft die Lösung langsam ein, so findet plötzlich bei einem gewissen Concentrationsgrade eine stürmische Entwicklung von Flusssäuredampf statt. Diese merkwürdige Reaction dürfte wohl so zu erklären seyn, daß das Antimon Chlor aufnimmt und dann anfangs als  $\text{SbZ}^5$  (Z hier für Fluor und Chlor gesetzt) in der Lösung enthalten ist. Da aber diese Verbindung  $\text{SbZ}^5$ , wie aus den bekannten Eigenschaften des  $\text{SbCl}^5$  und der Nichtexistenz von  $\text{SbF}^5$  hervorgeht, wenig beständig seyn kann, so entweicht unter wenig veränderten Umständen so viel Z, bis  $\text{SbZ}^5$  wieder zu  $\text{SbZ}^3$  reducirt ist. Daß diese Reduction dann vorzugsweise auf Kosten des Fluors erfolgen muß, erklärt sich aus dessen größerer Tendenz Gasform anzunehmen. Schematisch liefse sich der Vorgang also ungefähr folgendermaßen ausdrücken:



Hier wäre also  $\text{Z}^5 = (\text{F}^3 + \text{Cl}^3)$ . — Immerhin wird diese

Zersetzung noch einer genaueren Prüfung werth seyn. Es leuchtet ein, daß die zersetzende Eigenschaft hierbei weniger dem Fluorsalze an sich, als vielmehr dem darin enthaltenen Fluorantimon zukomme, und es zeigte sich in der That, daß reines Fluorantimon das Gold eben so schön reducirt, wie das Salz. Das Gleiche thut auch, wie Levol<sup>1)</sup> zuerst fand, das Chlorantimon. Da bei der Reduction des Goldchlorids mittelst Antimonfluorid keine Gasentwicklung eintritt, oder wenigstens nicht in auffallender Weise, so scheint auch hier die Deutung zulässig, daß aus  $\text{SbF}^3$  vorübergehend eine Verbindung  $\text{SbZ}^5$  entstehe. Aber  $\text{SbF}^5$  wenigstens läßt sich daraus nicht erhalten; denn bei langsamem Eindampfen entweicht doch fortwährend etwas Flußsäure, und die Lösung trübt sich mit viel Wasser, enthält also nun Chlorantimon neben etwas Fluorantimon<sup>2)</sup>).

Sind nun auch durch die vorliegende Arbeit unsere Kenntnisse über die Fluorantimoniate noch nicht auf den wünschbaren Grad der Vollständigkeit gebracht, so ist doch dadurch nachgewiesen, daß dieselben sich so verhalten, wie die von Jacquelin und Poggiale dargestellten Chlorantimoniate, daß somit wenigstens für Eine Reihe von Chlorsalzen deren unverkennbare Analogie mit den Fluorsalzen dargethan ist. Es wird also erlaubt seyn, den Schluss zu verallgemeinern, und in dieser Untersuchung einen kleinen Beitrag zu einer consequenteren Betrachtungsweise der nicht sauerstoffhaltigen Salze überhaupt zu erblicken, indem dadurch die Berzelius'schen Amphidsalze (mit Einschluss der Fluorsalze) mit seinen Doppelhaloidsalzen, speciell den Chlorsalzen so verknüpft werden, daß

- 1) N. *Ann. de Chim. et de Phys.* T. 78. — Antimonoxyd, in viel Salzsäure gelöst, reducirt das Chlorgold nicht; die Reduction mittelst  $\text{SbF}^3$  wird hingegen durch den größten Ueberschuss von Flußsäure nicht verhindert.
- 2) Also offenbar eine Zersetzung des Fluorantimons durch Chlor; aber secundär.

eine fernere Auseinanderhaltung derselben nicht mehr naturgemäß erscheinen dürfte. Dafs aber trotzdem Verschiedenheiten zwischen den Chlorantimoniaten und den Fluorantimoniaten vorkommen, thut der Analogie keinen Eintrag. So scheint wohl ein wasserhaltiges Ammoniumfluorantimoniat, dem Chlorsalze von Poggiale entsprechend, nicht zu existiren. Ferner sind bis jetzt wenigstens auch keine einbasischen Chlorantimoniate dargestellt <sup>1)</sup>.

Merkwürdig ist überhaupt die Fähigkeit der Fluorantimonsäure, sich mit einem, zwei oder drei Aeq. Fluorbasis vereinigen zu können, wie Aehnliches auch schon von Boullay und von Bonsdorff bei  $\text{HgI}$  und  $\text{HgCl}$  beobachtet worden. Bei dem Fluorantimon erinnert diefs an die Verhältnisse der Antimonsäure; dafs es sich beim Fluorid deutlicher ausgesprochen zeigt, als bei  $\text{SbO}^5$ , wird begreiflich, wenn man bedenkt, dafs ersteres seiner Löslichkeit wegen weit besser zur Eingehung bestimmter gut charakterisirter Verbindungen befähigt ist.

Es würde gewifs zur richtigeren Betrachtung dieser Salze nichts beitragen, wollte man auch mehrere Modificationen der Fluorantimonsäure und ihrer Salze annehmen, wie diefs, wohl mit geringerem Rechte, Frémy für die Antimonsäure gethan.

Die weiteren Consequenzen, welche eine vollständige Durchführung der von Bonsdorff'schen Ansichten mit sich bringt, zu entwickeln, ist hier nicht der Ort.

Liefert das Fluorantimon mit den alkalischen Fluorüren so ausgezeichnete Verbindungen, so schien es der Prüfung werth, ob diefs auch der Fall sey bei Fluorüren von der Zusammensetzung  $\text{R}^2\text{F}^3$ . Fluoraluminium, als die löslichste derartige Basis, schien sich am ehesten dazu zu eignen. — Auflösungen von  $\text{Al}^2\text{F}^3$  und  $\text{SbF}^3$ , in Verhältnissen, welche der Formel  $\text{Al}^2\text{F}^3 + 3\text{SbF}^3$  entsprachen, gemischt, gaben beim Eindampfen eine unkrystalli-

1) Ich glaube zwar  $\text{AmCl} + \text{SbCl}$  erhalten zu haben; es ist aber so äußerst zerflüchtig, das es an der Luft fast augenblicklich verschwindet, wenn man es zwischen Löschpapier preßt.

sirte körnige Kruste, welche nach dem Trocknen nicht wieder vollkommen in Wasser löslich war. Sie enthielt 28,3 Proc. Antimon und 16,3 Proc. Aluminium, Verhältnisse, welche sich höchstens der sehr unwahrscheinlichen Formel  $3\text{Al}^2\text{F}^6 + \text{SbF}^3$  nähern, welche 29,5 Sb und 19,2 Al verlangen würde. — Es muß daher einstweilen dahingestellt bleiben, ob überhaupt derartige Verbindungen existiren.

## VI. Ueber den Wallrath; von W. Heintz

(Schluß von S. 44.)

Um dieses Säuregemisch zu untersuchen, fällte ich die kochende Lösung mit einer gleichfalls kochenden Lösung von 2 Grammen essigsaurer Baryterde in Alkohol, filtrirte den nach dem Erkalten erhaltenen Niederschlag ab, und presste ihn stark aus. Das Filtrat wurde eben so behandelt, und so fort, bis endlich die ganze Menge der fetten Säuren gefällt war. So erhielt ich 11 verschiedene Portionen von Barytsalzen, welche sämmtlich durch Kochen mit verdünnter Salzsäure zersetzt wurden. Das zuerst abgeschiedene Barytsalz lieferte eine Säure, die bei  $47^{\circ},5$  C. schmolz; die Schmelzpunkte der folgenden Säureportionen waren nach der Reihe  $46^{\circ},5$  C.,  $43^{\circ}$  C.,  $43^{\circ}$  C.,  $40^{\circ},5$  C.,  $43^{\circ}$  C.,  $43^{\circ}$  C.,  $40^{\circ}$  C.,  $34^{\circ}$  C.,  $33^{\circ}$  C.,  $35^{\circ}$  C.

Die erste und dritte Portion dieser Säuren lieferten schon beim ersten Umkrystallisiren Säuren, die nahezu gleichen Schmelzpunkt besaßen. Sie schmolzen nämlich, jene bei  $51^{\circ}$  C., diese bei  $51^{\circ},5$  C. Die folgende bei  $40^{\circ},5$  C. schmelzende vierte Portion gab gleichfalls bei dem zweiten Umkrystallisiren eine bei  $51^{\circ},7$  schmelzende Säure. Diese Säuren hatten alle drei nicht nur fast genau denselben Schmelzpunkt, sondern besaßen auch so nahezu gleiches Aussehen, mochten sie aus der Alkohollösung anschießen oder nachdem sie geschmolzen waren, erstarrt seyn, daß die

Vermuthung gerechtfertigt war, die vier ersten Portionen möchten alle wesentlich dieselbe Säure enthalten. Als sie deshalb miteinander gemischt und umkrystallisirt wurden, stieg der Schmelzpunkt bis auf  $57^{\circ}$  C. Dann aber sank er wieder auf  $54^{\circ}$  C., auf welchem er constant blieb. Der Umstand, daß diese Säure durch das Umkrystallisiren einen niedrigeren Schmelzpunkt erhielt, liefs mich hoffen, hier eine reine Säure erhalten zu haben. Allerdings erstarrte sie, wenn sie im geschmolzenen Zustande erkaltete schön schuppig, krystallinisch, aber in einer ganz anderen Weise als die Palmitinsäure. Während diese nämlich beim Erstarren eine höckerige Oberfläche annimmt, blieb die Oberfläche dieser Säure ganz eben.

Die Analyse dieser Säure lieferte folgende Zahlen:

0,2074 Grm. derselben gaben 0,5718 Grm. Kohlensäure und 0,236 Grm. Wasser. Diefs entspricht 0,15595 Grm. oder 75,15 Proc. Kohlenstoff und 0,02622 Grm. oder 12,64 Proc. Wasserstoff.

	Gefunden.		
Kohlenstoff	75,02	75,56	34 C
Wasserstoff	12,64	12,59	34 H
Sauerstoff	12,34	11,85	4 O
	100.	100.	

Hiernach scheint diese Säure mit der Margarinsäure gleiche Zusammensetzung zu haben. Den sehr geringen Rest dieser Säure, welcher mir noch übrig blieb, unterwarf ich nun, da ich vermuthete, daß dieselbe noch nicht rein seyn möchte, noch einmal der Scheidung durch partielle Fällung mit essigsaurer Baryterde. Der dadurch erzeugte Niederschlag lieferte eine Säure, welche bei  $53^{\circ},5$  C. schmolz, während der Schmelzpunkt der in der Lösung bleibenden Säure bei  $56^{\circ},5$  C. lag. Diese Säureportion war opak, weißlich und umkrystallinisch, jene schien aus kleinen Schüppchen oder Nadelchen zu bestehen. Die letztere wurde nochmals umkrystallisirt, wodurch sich ihr Ansehen nicht veränderte, wodurch aber ihr Schmelzpunkt auf  $54^{\circ},5$  C. stieg. Jetzt war die Quantität dieser Säure

so gering geworden, daß sie nur zu einer Analyse genügte. Ich konnte sie daher keinem weiteren Reinigungsproceß unterwerfen, und auch nicht mich von ihrer Reinheit überzeugen, deshalb analysirte ich sie.

0,2143 Grm. dieser Säure lieferten 0,5937 Grm. Kohlensäure und 0,246 Grm. Wasser. Diefß entspricht 0,16192 Grm. oder 75.56 Proc. Kohlenstoff und 0,02733 Grm. oder 12,75 Proc. Wasserstoff.

	Berechnet.	Gefunden.	
Kohlenstoff	75,56	75,56	34 C
Wasserstoff	12,75	12,59	34 H
Sauerstoff	11,69	11,85	4 O
	<u>100.</u>	<u>100.</u>	

Hiernach scheint diese Säure allerdings die Zusammensetzung der Margarinsäure zu besitzen. Allein, wenn man bedenkt, daß alles dafür spricht, daß sie noch nicht rein war, daß durch den letzten Reinigungsproceß ihr Kohlenstoffgehalt um 0,4 Proc. erhöht worden ist, daß der gefundene Kohlenstoffgehalt genau der der Margarinsäure ist, während man doch bei der Analyse weniger Kohlenstoff zu bekommen pflegt, als die Formel verlangt, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß diese Säure eine Mischung von Margarinsäure (und Palmitinsäure?) mit einer Säure von größerem Kohlenstoffgehalt als die Margarinsäure gewesen sey, wahrscheinlich mit der Säure, welche einen höheren Schmelzpunkt als die Palmitinsäure besitzt. Damit aber diese Ansicht ganz wahrscheinlich werde, müßte man annehmen, daß diese Mischung von zwei oder drei Säuren, die bei 60° C. und darüber schmelzen, einen Schmelzpunkt besitzen könne, der niedriger ist als 60° C., der bis 53°,5 C. sinken könne. Es ist schon S. 37 begründet worden, daß diese Annahme mehr als wahrscheinlich ist.

Die fünfte Säureportion konnte durch mehrfaches Umkrystallisiren auf einen Schmelzpunkt von 54°,5 C. gebracht werden. Die Säuremenge, welche diesen Schmelz-

punkt hatte, war so gering, dafs sie zu keiner weiteren Untersuchung dienen konnte.

Die sechste, siebente und achte Portion erschien im Aeußern ganz gleich. Die Schmelzpunkte waren gleichfalls sehr nahe gleich. Deshalb wurden diese Portionen mit einander gemischt in Alkohol gelöst und dann umkrystallisirt. Der Schmelzpunkt der Säure stieg dadurch Anfangs bis  $49^{\circ}$  C., nahm aber dann ab, und sank endlich auf  $44^{\circ},5$  C. Die Menge der Säure, die diesen Schmelzpunkt besafs, war aber so gering, dafs sie nicht weiter untersucht werden konnte. Ich versuchte daher die Säure auf eine andere Weise zu reinigen. Sie wurde in Alkohol gelöst, und die Lösung mit Ammoniak übersättigt. Die Mischung wurde zum Kochen erhitzt und mit einer kochenden alkoholischen Lösung von essigsaurer Magnesia im Ueberschuß versetzt. Beim Erkalten der Lösung schied sich ein Magnesiasalz aus, welches mit Alkohol gewaschen und ausgepresst wurde. Dieses Magnesiasalz sowohl, als die alkoholische Flüssigkeit wurde mit verdünnter Salzsäure gekocht, letztere, nachdem sie unter stetem Zusatz von Wasser abgedampft und dadurch vom Alkohol befreit worden war. Die dadurch aus dem Magnesiasalz abgeschiedene Säure besafs den Schmelzpunkt  $44^{\circ},5$  C., während die aus der Alkohollösung erhaltene bei  $31^{\circ},5$  C. schmolz.

Diese letztere Säure wurde den Säureportionen beigegeben, deren Schmelzpunkt unter  $40^{\circ}$  (zwischen  $32^{\circ},5$  und  $35^{\circ}$  C.) lag, deren Untersuchung weiter unten folgen wird. Die aus dem gefällten Magnesiasalz erhaltene Säure aber schied ich nun wieder durch partielle Fällung in drei Portionen, von denen die zuerst niederfallende bei  $43^{\circ},5$  C., die folgende bei  $43^{\circ}$  C., und die letzte, kleinste, bei  $45^{\circ},5$  C. schmolz. Der Umstand, dafs die beiden zuerst erhaltenen Portionen nahezu gleichen Schmelzpunkt besaßen, liefs mich vermuthen, dafs sie wesentlich dieselbe Säure enthielten. Diefs bestätigte sich auch. Als ich sie nämlich zusammen umkrystallisirte fand sich, dafs ihr Schmelzpunkt

sich nur bei der ersten Krystallisation veränderte, nach den folgenden constant derselbe blieb, nämlich  $44^{\circ},5$  C. Diese Säure war zwar noch nicht ganz rein, da sie bei der partiellen Fällung mit essigsaurem Baryt zwei Säureportionen lieferte, von denen die eine allerdings den Schmelzpunkt von  $44^{\circ},5$  beibehielt, die andere aber, aus der alkoholischen Lösung dargestellte, erst bei  $45^{\circ}$  C. schmolz, allein ich konnte nicht mehr sie weiter zu reinigen versuchen, weil die Menge der gewonnenen Säure nur sehr gering war, worüber man sich um so weniger wundern darf, als diese Säure selbst in kaltem Alkohol ziemlich leicht löslich ist, also sehr viel davon verloren geht, wenn sie umkrystallisirt wird. Sehr viel einer fremdartigen Säure konnte außerdem nicht beigemischt seyn, was schon aus der geringen Abweichung des Schmelzpunkts jener beiden Säureportionen hervorgeht. Deshalb habe ich sie, so wie sie hierdurch gewonnen wurde, analysirt.

Diese Säure schmilzt bei  $44^{\circ},5$  C. Sie erstarrt, wenn sie im geschmolzenen Zustande erkaltet, in höchst feinen, concentrisch gruppirten Nadeln, die nicht mehr kenntlich sind, wenn die ganze Masse fest geworden ist. Man beobachtet sie am besten beim Beginn des Erstarrens einer sehr dünnen Schicht der geschmolzenen Säure auf Platinblech. Ist die Masse erstarrt, so ist sie etwas durchscheinend, biegsam, ohne elastisch zu seyn. Ihr Barytsalz ist in kochendem Alkohol etwas löslich, scheidet sich aber beim Erkalten fast vollständig wieder aus. Die Analyse dieser Säure gab folgende Zahlen:

0,1833 Grm. derselben lieferten 0,4955 Grm. Kohlensäure und 0,2027 Grm. Wasser. Diefs entspricht 0,1351 Grm. oder 73,70 Proc. Kohlenstoff und 0,02252 Grm. oder 12,29 Proc. Wasserstoff.

0,2112 Grm. gaben 0,5705 Grm. Kohlensäure und 0,2347 Grm. Wasser, woraus folgt, dafs die Säure 0,15559 Grm. oder 73,67 Proc. Kohlenstoff und 0,02608 Grm. oder 12,35 Proc. Wasserstoff enthielt.

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	73,70	73,67	73,68	28 C
Wasserstoff	12,29	12,35	12,28	28 H
Sauerstoff	14,01	13,98	14,04	4 O
	100.	100.	100.	

Um nachzuweisen, daß diese Säure wirklich die durch die Formel  $C^{28}H^{28}O^4$  ausgedrückte Zusammensetzung besitzt, löste ich den Rest der Säure in wässriger Ammoniakflüssigkeit, schlug die Lösung mit Chlorbaryum nieder, wusch den Niederschlag sorgfältig mit Wasser aus, und kochte ihn, nachdem er getrocknet worden war, mit Alkohol. Die Lösung wurde kochend filtrirt, und der beim Erkalten derselben entstehende Niederschlag abfiltrirt und ausgepreßt.

Das so dargestellte Barytsalz gab bei der Analyse folgende Zahlen:

0,307 Grm. desselben gaben 0,6155 Grm. Kohlensäure, 0,254 Grm. Wasser und 0,1023 Grm. kohlensaure Baryterde. Diefs entspricht 0,17411 Grm. oder 56,71 Proc. Kohlenstoff, 0,02822 Grm. oder 9,19 Proc. Wasserstoff und 0,0794 Grm. oder 25,86 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	56,71	56,88	28 C
Wasserstoff	9,19	9,14	27 H
Sauerstoff	8,24	8,12	3 O
Baryterde	25,86	25,86	1 Ba
	100.	100.	

Hiernach besitzt diese Säure genau die Zusammensetzung der Myristinsäure, d. h. derjenigen Säure, welche Playfair <sup>1)</sup> in der Muskatbutter gefunden haben will. Dieser giebt Playfair nämlich die Formel  $C^{28}H^{28}O^4$ . Allein wenn man die Resultate seiner Analysen nach dem neuen Atomgewicht des Kohlenstoffs umrechnet, so findet man, daß die von ihm gefundenen Zahlen nicht unbedeutend von der aus dieser Formel abgeleiteten theoretischen Zusammen-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 37, S. 152.\*

sammensetzung abweichen. Er fand im Mittel von fünf Analysen

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	73,05	73,68	28 C
Wasserstoff	12,24	12,28	28 H
Sauerstoff	14,71	14,04	4 O
	<u>100.</u>	<u>100.</u>	

Rechnet man ebenfalls die Resultate seiner Analysen des Baryt- und Silbersalzes nach dem neuen Atomgewicht des Kohlenstoffs um, so erhält man im Mittel folgende Zusammensetzung:

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	56,21	56,88	28 C
Wasserstoff	8,94	9,14	27 H
Sauerstoff	8,92	8,12	3 O
Baryterde	25,93	25,86	1 Ba
	<u>100.</u>	<u>100.</u>	

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	48,82	50,16	28 C
Wasserstoff	7,98	8,06	27 H
Sauerstoff	8,53	7,17	3 O
Silberoxyd	34,67	34,61	1 Ag
	<u>100.</u>	<u>100.</u>	

Zu demselben Resultate kommt man, wenn man die von Playfair für die Aethyloxydverbindung gefundenen Zahlen ebenso umrechnet.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	73,31	74,38	60 C
Wasserstoff	12,41	12,40	60 H
Sauerstoff	14,28	13,22	8 O
	<u>100.</u>	<u>100.</u>	

Plaifair nimmt nämlich an, daß diese Verbindung nach der Formel  $(C^{78}H^{27}O^3 + C^4H^5O) + (C^{28}H^{27}O^4 + HO)$  zusammengesetzt sey.

Alle Analysen haben hiernach zu wenig Kohlenstoff ergeben, und es ist daher klar, daß die von Playfair erhaltene Säure nicht reine Myristinsäure, d. h. nicht die

Säure im reinen Zustande gewesen seyn kann, deren Zusammensetzung durch die Formel  $C^{28}H^{28}O^4$  ausgedrückt wird. Für die Säure aus dem Wallrath, die diese Zusammensetzung hat, will ich aber den Namen Myristinsäure beibehalten, weil es doch wahrscheinlich ist, daß die Myristinsäure Playfair's ein Gemenge der reinen Säure von der Formel  $C^{28}H^{28}O^4$  mit einer anderen Säure ist:

Endlich die letzte dieser drei Säureportionen (Siehe S. 270), die bei  $45^{\circ},5$  C. schmolz, wurde durch Umkrystallisiren aus der Lösung in Alkohol gereinigt. Es wurde endlich eine zur weitem Untersuchung ungenügende Menge einer opaken, weißen, unkrystallinischen Säure gewonnen, deren Schmelzpunkt bei  $50^{\circ}$  C. lag. Da diese Säure weniger leicht an Baryt gebunden aus der alkoholischen Lösung niederfiel, und doch einen höheren Schmelzpunkt als die Myristinsäure und die weiterhin zu erwähnende Cocinsäure besaß, so muß sie eine eigene Säure enthalten, deren Natur ich aber wegen Mangel an Substanz nicht ermitteln konnte.

Die drei letzten (die neunte, zehnte und elfte) Säureportionen endlich, welchen der Theil der drei vorhergehenden Portionen beigegeben wurde, der in der alkoholischen Lösung blieb, als die alkoholische, ammoniakalische Lösung derselben mit einer Lösung von essigsaurer Magnesia gefällt wurde, wurden durch Umkrystallisiren aus verdünntem Alkohol gereinigt. In kaltem, starkem Alkohol war diese Säure so leicht löslich, daß bei der Umkrystallisation aus diesem zu viel davon verloren gegangen wäre. Durch jene Operation veränderte sich der Schmelzpunkt dieser Säure nur unbedeutend. Während er anfangs  $32^{\circ},5$  C. betrug, stieg er zuerst auf  $34^{\circ}$  C., dann auf  $34^{\circ},5$  C., welcher letztere bei der folgenden Krystallisation nicht mehr verändert wurde. Als ich aber die so gewonnene Säure der partiellen Fällung durch essigsaurer Baryterde unterwarf, erhielt ich ein Barytsalz, welches mit verdünnter Salzsäure gekocht eine Säure lieferte, die bei  $34^{\circ}$  C. schmolz, während die durch Verdunsten des Alkohols aus

der Lösung und Kochen des Rückstandes mit verdünnter Salzsäure gewonnene Säure bei 36° C. schmolz. Der Schmelzpunkt jener Säure wurde durch Umkrystallisation auf 31°,5 C. erhöht.

So erhielt ich eine Säure, welche durchscheinend, durchaus nicht krystallinisch, aber hart und spröde war. In starkem Alkohol war sie sehr leicht löslich, jedoch in der Kälte nicht in allen Verhältnissen, so dafs sie mit Hülfe desselben, wenn auch nur unter grossem Verlust, umkrystallisirt werden konnte. In Wasser ist sie nicht löslich.

Diese Säure besafs demnach alle Eigenschaften der von Bromeis <sup>1)</sup> untersuchten Cocinsäure (Cocostalgsäure).

Um nachzuweisen, dafs auch die Zusammensetzung dieser Säure mit der der Cocinsäure übereinstimme, analysirte ich nicht die Säure selbst, sondern um gleich das Atomgewicht bestimmen zu können, das Barytsalz derselben. Ich hatte nämlich nur so wenig dieser Säure erhalten, dafs ich nur eine einzige Analyse derselben ausführen konnte. Das Barytsalz wurde auf dieselbe Weise dargestellt, wie der myristinsäure Baryt.

0,3589 Grm. desselben lieferten 0,704 Grm. Kohlensäure, 0,2883 Grm. Wasser und 0,1248 Grm. Baryterde. Diefs entspricht 0,19961 Grm. oder 55,62 Proc. Kohlenstoff, 0,03203 Grm. oder 8,92 Proc. Wasserstoff und 0,969 Grm. oder 27,00 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	55,62	55,44	26 C
Wasserstoff	8,92	8,88	25 H
Sauerstoff	8,46	8,53	3 O
Baryterde	27,00	27,15	1 Ba
	100.	100.	

Diese Zahlen stimmen allerdings nicht vollkommen mit der Zusammensetzung der cocinsäuren Baryterde. Namentlich ist die gefundene Menge Kohlenstoff zu groß. Besser fast würden sie stimmen, wenn man mit Bromeis die

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 35, S. 277. \*

Zusammensetzung derselben durch die Formel  $C^{27}H^{26}O^3 + H$  ausdrücken dürfte, denn dann würde die Rechnung ergeben:

	Berechnet.	
Kohlenstoff	56,17	27 C
Wasserstoff	9,01	26 H
Sauerstoff	8,32	3 O
Baryterde	26,50	1 Ba
	100.	

Allein abgesehen davon, daß diese Formel, weil sie eine ungerade Zahl Kohlenstoffatome enthält, sehr unwahrscheinlich ist, weichen die gefundenen Zahlen von den nach derselben berechneten doch so bedeutend ab, daß diese Formel nicht als die richtige betrachtet werden darf. Hierzu kommt noch, daß wenn man die von Bromeis bei den Analysen der Säure selbst so wie ihrer Verbindungen erhaltenen Zahlen nach dem neueren Atomgewicht des Kohlenstoffs umrechnet, sie viel besser mit der Formel  $C^{26}H^{26}O^3$  für das Hydrat der Säure stimmen, als mit der von ihm angenommenen. Die Mittelzahlen seiner Resultate des Säurehydrats sind:

	Gef.	Ber.		Ber.	
Kohlenstoff	72,60	72,90	26 C	73,30	27 C
Wasserstoff	12,22	12,15	26 H	12,22	27 H
Sauerstoff	15,18	14,95	4 O	14,48	4 O
	100.	100.		100.	

Bei der Analyse der Aethyloxydverbindung fand er

	Gef.	Ber.		Ber.	
Kohlenstoff	73,86	74,38	30 C	74,70	31 C
Wasserstoff	12,84	12,40	30 H	12,45	31 H
Sauerstoff	13,30	13,22	4 O	12,85	4 O
	100.	100.			

Die Zahlen, welche Bromeis bei der Analyse des Silbersalzes erhielt, stimmen freilich weniger genau mit der Formel  $C^{26}H^{25}O^3 Ag$  überein. Der Kohlenstoff wurde etwas zu hoch gefunden, der Silbergehalt etwas zu gering.

Allein die bei vier Versuchen gefundenen Silbermengen differirten um 1,36 Proc., und die höchste gefundene Menge desselben betrug 33,42 Proc., während die Rechnung nach der Formel 33,62 Proc. verlangt. Hieraus glaube ich schließen zu dürfen, dafs die wahre Formel für die Cocinsäure  $C^{26}H^{23}O + HO$  ist.

Das von mir analysirte Barytsalz mußte also noch etwas Myristinsäure oder eine andere der mehr Kohlenstoff enthaltenden Säuren des Wallraths enthalten. Um sie davon rein darzustellen, benutzte ich die Mischung der drei letzten Säureportionen und der bei Behandlung der drei vorhergehenden Säureportionen mit essigsaurer Magnesia im Alkohol gelöst gebliebenen, bei  $31^{\circ},5$  C. schmelzenden Säure, aus welcher die geringe Menge noch unreiner Cocinsäure gewonnen war (siehe S. 274). Alle die Säureportionen, von denen diese getrennt worden war, wurden wieder gemischt. Der Umstand, dafs bei Behandlung der alkoholischen Lösung der die Myristinsäure liefernden Säureportionen mit Ammoniak und essigsaurer Magnesia eine bei  $31^{\circ},5$  C. schmelzende Säure in der Lösung blieb, liefs mich vermuthen, dafs ich durch diese Operation die Cocinsäure würde rein gewinnen können. Jene Mischung der genannten Säuren wurde daher in wenig Alkohol unter Zusatz von etwas Ammoniak heifs gelöst, und die Lösung mit einem Ueberschufs einer alkoholischen Lösung von essigsaurer Magnesia versetzt. Die Mischung wurde möglichst kalt längere Zeit stehen gelassen. Darauf wurde die Flüssigkeit von dem erhaltenen Niederschlage abfiltrirt und der Niederschlag ausgepresst. Die alkoholische Lösung wurde eingedampft, der Rückstand mit verdünnter Salzsäure kochend zersetzt, und die sich abscheidende Säure noch einmal umkrystallisirt. Die so erhaltene Säure besafs alle die schon oben beschriebenen Eigenschaften. Namentlich schmolz sie bei  $34^{\circ},5$  C. Sie wurde in Alkohol unter Zusatz von Ammoniak gelöst, die Lösung mit einer Lösung von essigsaurer Baryterde in verdünntem Alkohol versetzt, und der so erhaltene Niederschlag zuerst mit

Alkohol, dann mit Wasser vollkommen ausgewaschen. Darauf wurde er noch einmal in kochendem Alkohol gelöst, worauf ein schön weißes, aus mikroskopischen Nadeln bestehendes Barytsalz sich ausschied. Diefs wurde filtrirt, ausgepresst und der Analyse unterworfen.

0,3325 Grm. desselben lieferten 0,6487 Grm. Kohlensäure, 0,2648 Grm. Wasser und 0,1159 Grm. kohlen saure Baryterde. Diefs entspricht 0,18398 Grm. oder 55,30 Proc. Kohlenstoff, 0,02942 Grm. oder 8,85 Proc. Wasserstoff und 0,090 Grm. oder 27,07 Proc. Baryterde.

0,3081 Grm. lieferten 0,6015 Grm. Kohlensäure, 0,2455 Grm. Wasser und 0,1071 Grm. kohlen saure Baryterde. Durch Rechnung ergibt sich ein Gehalt von 0,17056 Grm. oder 55,35 Proc. Kohlenstoff, 0,0273 Grm. oder 8,86 Proc. Wasserstoff und 0,0832 Grm. oder 27,00 Proc. Baryterde.

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	55,33	55,36	55,44	26 C
Wasserstoff	8,85	8,86	8,88	25 H
Sauerstoff	8,75	8,78	8,53	3 O
Baryterde	27,07	27,00	27,15	1 Ba
	100.	100.	100.	

Die Säure, aus der dieses Barytsalz erhalten worden war, war also reine Cocinsäure.

Da durch diese Analysen fast die ganze Menge dieser Säure, welche ich im reinen Zustande erhalten hatte, consumirt worden war, so versuchte ich, sie dadurch in noch größerer Menge zu gewinnen, dafs ich die bei der Reindarstellung dieser Säure abgesonderten Säureportionen (namentlich auch die Säure des aus der alkoholischen Lösung abgeschiedenen Magnesiasalzes) wieder mit einander vereinigte und noch einmal, wie so eben beschrieben, mit Alkohol, Ammoniak und essigsaurer Magnesia behandelte. Das Barytsalz aber, welches aus der in dem Alkohol gelöst bleibenden Portion der Säure dargestellt wurde, besafs eine ganz andere Zusammensetzung.

0,2496 Grm. dieses Salzes lieferten 0,495 Grm. Kohlensäure, 0,2065 Grm. Wasser und 0,0844 Grm. kohlen saure

Baryterde. Diefs entspricht 0,14015 Grm. oder 56,15 Proc. Kohlenstoff, 0,02294 Grm. oder 9,19 Proc. Wasserstoff, und 0,06555 Grm. oder 26,26 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.		Berechnet.	
Kohlenstoff	56,15	55,44	26 C	56,88	28 C
Wasserstoff	9,19	8,88	25 H	9,14	27 H
Sauerstoff	8,41	8,53	3 O	8,12	3 O
Baryterde	26,25	27,15	1 Ba	25,86	1 Ba
	100.	100.		100.	

Nach dieser Analyse steht die Zusammensetzung dieser Verbindung ziemlich genau in der Mitte zwischen der des myristinsäuren und cocinsäuren Baryts. Sie kann füglich für eine Mischung beider Verbindungen gelten.

In dem in Alkohol löslicheren Theile der aus dem Wallrath entstandenen fetten Säuren habe ich also neben geringen Mengen der wesentlich in dem schwerer löslichen Theile derselben enthaltenen Säuren

1) Myristinsäure =  $C^{28}H^{28}O^4$  und

2) Cocinsäure =  $C^{26}H^{26}O^4$

nachgewiesen. Ausserdem habe ich die Gegenwart höchst geringer Spuren von Oelsäure höchst wahrscheinlich gemacht, und die eines indifferenten, öligen, wie es scheint, aus  $C^{28}H^{26}O^4$  bestehenden Körpers dargethan, welcher letztere auch nur in geringer Menge vorhanden ist.

Es bleiben nun noch die beiden Barytsalze zu untersuchen, von denen das eine mit dem Aethyl durch heissen Alkohol ausgezogen, aber von ihm durch Aether, worin es sich nicht löste, geschieden worden war (siehe S. 27), das andere auch in die ätherische Lösung mit überging (s. S. 31). Dieses letztere, das bei der Zersetzung durch Kochen mit verdünnter Salzsäure eine bei  $34^{\circ},5$  C. schmelzende Säure lieferte, hielt ich für reine cocinsäure Baryterde. Um mich hiervon zu überzeugen, krystallisirte ich es mehrfach aus der alkoholischen Lösung um. Darauf wurde es analysirt.

0,2932 Grm. dieses Salzes lieferten 0,5979 Grm. Kohlenensäure, 0,2402 Grm. Wasser und 0,0946 Grm. kohlen-

saure Baryterde. Diefes entspricht 0,16882 Grm. oder 57,58 Proc. Kohlenstoff, 0,02669 Grm. oder 9,07 Proc. Wasserstoff und 0,0735 Grm. oder 25,07 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.		Berechnet.	
Kohlenstoff	57,58	55,44	26 C	56,88	28 C
Wasserstoff	9,10	8,88	25 H	9,14	27 H
Sauerstoff	8,25	8,53	3 O	8,12	3 O
Baryterde	25,07	27,15	1 Ba	25,86	1 Ba
	100.	100.		100.	

Diese Verbindung scheint noch ölsäure Baryterde enthalten zu haben. Denn die gefundene Kohlenstoffmenge ist gröfser, als selbst die des myristinsäuren Baryts, die gefundene Wasserstoffmenge dagegen geringer, als in diesem Barytsalze. Ich hatte leider versäumt, diese Säureportion in das Bleisalz umzuwandeln, und dieses mit Aether auszuziehen, um die Oelsäure zu entfernen. Die Menge der noch übrigen Substanz war zu gering, um dieses Versehen wieder gut zu machen.

Endlich ist noch des von dem Aethal durch Aether getrennten Barytsalzes Erwähnung zu thun. Dieses wurde durch Kochen mit verdünnter Salzsäure zersetzt. Dadurch erhielt ich eine Säure, die bei 33°,5 schmolz. Diese krystallisirte ich aus der alkoholischen Lösung wiederholentlich um. Dadurch stieg der Schmelzpunkt zuerst auf 48°,5 C., dann auf 56°,5 C. Diese Säure erstarrte ählich wie Margarinsäure. Zwischen den nadelförmigen Krystallen war aber noch deutlich schuppige Krystallisation zu bemerken. Beim folgenden Umkrystallisiren schmolz die Säure bei 59° C. Sie erschien in Nadeln krystallisirt. Zwischen den Nadeln sah man aber deutlich eine krystallinische Masse. Diese Säure war wohl nichts weiter als eine Mischung von Margarinsäure, Palmitinsäure und vielleicht noch anderen Säuren.

Die alkoholischen Lösungen, von denen diese Säuremischung abgepresst worden war, fällte ich nach Zusatz von etwas Ammoniak durch essigsaures Bleioxyd, wusch den Niederschlag zuerst mit Alkohol, dann mit Wasser aus und extrahirte ihn, nachdem er getrocknet und gepulvert worden

war mit Aether, um etwa vorhandenes ölsaures Bleioxyd zu entfernen. Diese ätherische Lösung wurde mit Salzsäure geschüttelt, der Aether abdestillirt, und die dabei zurückbleibende Säure durch Lösen in Ammoniakflüssigkeit und Fällen der Lösung durch Chlorbaryum in das Barytsalz umgewandelt. Der mit Wasser gut ausgewaschene und getrocknete Niederschlag wurde in kochendem Alkohol gelöst und die filtrirte Lösung dem Erkalten überlassen. Das hier gewonnene Barytsalz wurde analysirt.

0,3009 Grm. desselben lieferten 0,599 Grm. Kohlensäure, 0,2395 Grm. Wasser und 0,102 Grm. kohlensaure Baryterde. Diefs entspricht 0,16958 Grm. oder 56,36 Proc. Kohlenstoff, 0,02661 Grm. oder 8,84 Proc. Wasserstoff und 0,0792 Grm. oder 26,32 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	56,36	56,1	27 C
Wasserstoff	8,85	8,7	25 H
Sauerstoff	8,47	8,4	3 O
Baryterde	26,32	26,5	1 Ba
	100.	100.	

Die Formel, die der gefundenen Zusammensetzung am nächsten kommt, ist  $C^{26}H^{25}O^3Ba$ . Die Menge des Wasserstoffs ist zu gering, als dafs die Säure in diesem Salze der allgemeinen Formel  $C^aH^{a-1}O^3 + H$  gemäß zusammengesetzt betrachtet werden dürfte. Ohne Zweifel war etwas Oelsäure oder eine ihr ähnlich zusammengesetzte Säure (allgemeine Formel  $C^aH^{a-3}O^3 + HO$ ) darin enthalten. Auch die Resultate dieser Analyse sprechen dafür, dafs eine geringe Menge Oelsäure in den Verseifungsproducten des Wallraths enthalten ist.

Das Bleisalz, aus welchem die Säure, von der so eben gesprochen worden ist, durch Aether abgeschieden war, wurde anhaltend mit sehr verdünnter Salzsäure gekocht, um die fette Säure von dem Bleioxyd zu befreien. Darauf wurde diese in dem 20fachen Gewicht Alkohol heiß gelöst, und aus der Lösung durch etwas essigsäure Baryterde eine

kleine Menge der fetten Säuren gefällt, um die noch darin enthaltene Margarinsäure und Palmitinsäure zu entfernen. Die erkaltete Flüssigkeit wurde vom Niederschlage abfiltrirt, mit Ammoniak schwach übersättigt und die Lösung mit essigsaurer Magnesia, die vorher in wenig Alkohol gelöst war, kochend gefällt. Nach dem Erkalten wurde der Niederschlag abgepresst und die alkoholische Flüssigkeit durch eine kochende Lösung von essigsaurer Baryterde gefällt. Der nicht bedeutende Niederschlag wurde noch einmal aus Alkohol umkrystallisirt. Die Analyse des Barytsalzes ergab folgendes.

0,3048 Grm. lieferten 0,6092 Grm. Kohlensäure, 0,2523 Grm. Wasser und 0,1023 Grm. kohlensaure Baryterde, woraus folgt, daß das Salz besteht aus 0,17239 Grm. oder 56,56 Proc. Kohlenstoff, 0,02803 Grm. oder 9,19 Proc. Wasserstoff und 0,0794 Grm. oder 25,05 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	56,56	56,88	28 C
Wasserstoff	9,20	9,14	27 H
Sauerstoff	8,19	8,12	8 O
Baryterde	26,05	25,86	1 Ba
	100.	100.	

Hiernach scheint dieses Barytsalz wesentlich myristinsäure Baryterde gewesen zu seyn. Wahrscheinlich aber war ihr einerseits noch cocinsäure Baryterde, andererseits das Barytsalz einer oder mehrerer kohlenstoffreicheren Säuren beigemengt. Um dieß entschieden nachzuweisen fehlte mir das Material.

Das Magnesiasalz, welches von der alkoholischen Lösung abgepresst worden war, aus der das eben beschriebene Barytsalz gewonnen war, wurde mit sehr verdünnter Salzsäure gekocht. Es schied sich eine bei 39°,5 C. schmelzende Säure ab. Diese Säure wurde noch einmal mit Alkohol, Ammoniak und essigsaurer Magnesia ebenso behandelt, wie oben beschrieben ist. Aus dem Niederschlage wurde wiederum ein Barytsalz dargestellt, wie dort genauer an-

gegeben ist, und das erhaltene Salz analysirt, obgleich seine Menge nur sehr gering war.

0,2185 Grm. dieses Salzes lieferten 0,4427 Grm. Kohlensäure, 0,183 Grm. Wasser und 0,072 Grm. kohlensaure Baryterde. Diefs entspricht 0,12513 Grm. oder 57,27 Proc. Kohlenstoff, 0,02033 Grm. oder 9,30 Proc. Wasserstoff, und 0,0559 Grm. oder 25,89 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	57,27	56,88	28 C
Wasserstoff	9,30	9,14	27 H
Sauerstoff	7,84	8,12	3 O
Baryterde	25,59	25,86	1 Ba
	100.	100.	

Man sieht, dafs die Menge des Kohlenstoffs in diesem Salze schon gröfser ist, als er seyn sollte. Demgemäfs ist der Baryterdegehalt geringer. Es mufs dieser Körper also neben myristinsaurer Baryterde noch das Barytsalz einer mehr Kohlenstoff enthaltenden Säure enthalten haben.

Da es wahrscheinlich war, dafs eine gröfsere Menge dieser kohlenstoffreicheren Säure in dem Magnesiasalz enthalten war, von welchem ich die alkoholische Flüssigkeit abgepresst hatte, aus der das eben erwähnte Barytsalz gewonnen worden war, so zersetzte ich jenes Salz durch Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure. Die dadurch abgeschiedene Säure schmolz bei 43°,5 C. Diese Säure, deren Menge nur gering war, wurde aus möglichst wenig Alkohol umkrystallisirt. Nach der ersten Krystallisation nahm sie den Schmelzpunkt von 53°,5 C. an. Sie erschien, wenn sie beim Erkalten aus dem geschmolzenen in den festen Zustand überging, in eigenthümlichen, sternförmig gruppirten, perlmutterartig glänzenden Blättern krystallisirt. Sie schien rein zu seyn, denn bei fernerm Umkrystallisiren änderte sie ihren Schmelzpunkt nicht.

Die Analyse dieser Säure führte zu folgenden Zahlen.

0,2038 Grm. dieser Säure gaben 0,5547 Grm. Kohlensäure und 0,2282 Grm Wasser, entsprechend 0,15128 Grm.

oder 74,23 Proc. Kohlenstoff und 0,2536 Grm. oder 12,41 Proc. Wasserstoff.

	Gefunden	Berechnet.	
Kohlenstoff	74,23	74,38	30 C
Wasserstoff	12,44	12,40	30 H
Sauerstoff	13,33	13,22	4 O
	100.	100.	

Um nun auch das Atomgewicht der Säure zu bestimmen, wurde der geringe Rest derselben auf dieselbe Weise in das Barytsalz umgewandelt, wie die früheren.

Bei der Analyse desselben erhielt ich folgende Zahlen.

0,2316 Grm. lieferten 0,4775 Grm. Kohlensäure, 0,1932 Grm. Wasser und 0,0734 Grm. kohlen saure Baryterde. Hieraus folgt folgende Zusammensetzung desselben:

0,1347 Grm. oder 58,16 Proc. Kohlenstoff, 0,02147 Grm. oder 9,27 Proc. Wasserstoff und 0,057 Grm. oder 24,61 Proc. Baryterde.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	58,16	58,18	30 C
Wasserstoff	9,27	9,37	29 H
Sauerstoff	7,96	7,76	3 O
Baryterde	24,61	24,69	1 Ba
	100.	100.	

Das eigenthümliche Ansehen dieser Säure, der Umstand, daß durch ferneres Umkrystalliren ihr Schmelzpunkt nicht mehr verändert werden konnte, endlich die Genauigkeit, mit welcher die Resultate der Analysen der Säure selbst und des Barytsalzes mit der aus den Formeln  $C^{10}H^{30}O^4$  und  $C^{10}H^{29}O^3Ba$  abgeleiteten Zahlen übereinstimmen, berechtigen mich, wie ich glaube, obgleich ich wegen der zu geringen Menge der gewonnenen Säure nicht durch partielle Fällung ihre Reinheit erweisen konnte, sie für rein zu halten. Da, wie aus dem vorhergehenden hervorgeht, aus dem Wallrath keine Säure gewonnen werden konnte, welche mit der Aethalsäure, die auch Cetinsäure genannt worden ist, irgend Aehnlichkeit hat, so will ich diese Säure Cetinsäure nennen. Ich werde nachher zeigen,

dafs selbst die aus dem Aethal nach Dumas's Methode durch Einwirkung von Kalihydrat und Kalk bei höherer Temperatur erzeugte sogenannte Aethalsäure, ein Gemenge verschiedener Säuren ist, mit einem Wort, dafs keine Aethalsäure als chemisch reine Verbindung existirt, dafs also der Name Cetinsäure, welcher neuerdings häufig für die Aethalsäure gebraucht wird, anderweitig angewendet werden kann.

Bei Untersuchung des Barytsalzes, welches durch Aether vom Aethal getrennt wurde, hat sich also ergeben, dafs darin neben geringen Mengen der übrigen Säuren, deren Vorhandenseyn in den Verseifungsproducten des Wallraths schon früher nachgewiesen worden ist, eine eigene Säure enthalten ist, die ich *Cetinsäure* nenne und die besteht aus  $C^{30}H^{30}O^4$ .

Aus dieser Untersuchung des gereinigten käuflichen Wallraths geht hervor, dafs dieser Körper bei seiner Verseifung in mehrere fette Säuren und mehrere indifferente Stoffe zerlegt wird.

Unter den letzteren ist das Aethal der wesentlichste, die übrigen entstehen dabei nur in geringer Menge. Der eine derselben, der aus  $C^{28}H^{26}O^4$  besteht, ist möglicher Weise nicht einmal ein Product der Verseifung, sondern vielleicht schon im Wallrath selbst präexistirend. Da er nämlich in seinen Löslichkeitsverhältnissen von dem Wallrath kaum abweicht, d. h. in kaltem Alkohol nur sehr wenig, in kochendem wenig mehr, in Aether leicht, in Wasser unlöslich ist, so läfst er sich durch Extractionsmittel von demselben nicht trennen. Der andere indifferente Körper dagegen, der aus  $C^{18}H^{18}O^2$  zu bestehen scheint, ist in Alkohol äufserst leicht löslich, müfste daher aus dem Wallrath durch Kochen mit Alkohol ausgezogen werden können. Nach dem Erkalten der Flüssigkeit müfste er im Alkohol gelöst bleiben. Er läfst sich aber auf diese Weise nicht aus dem Wallrath gewinnen. Er ist daher ebenso, wie das Aethal, erst durch Verseifung des Wallraths entstanden. Da ich nicht durchaus behaupten kann, diesen Körper rein gewonnen zu haben, so kann ich auch keine wahrscheinliche

Ansicht darüber aufstellen, in welcher Verbindung er im Wallrath enthalten ist. Außerdem ist die Menge dieses Körpers in demselben so gering, daß er unmöglich als wesentlicher Bestandtheil desselben betrachtet werden kann. Auch die Menge des Glycerins, welche bei der Verseifung des Wallraths entsteht, ist so gering, daß dasselbe nur einer Verunreinigung des eigentlichen Wallraths mit Glycerinfetten seinen Ursprung verdanken kann.

Hieraus folgt, daß der Wallrath wesentlich aus Verbindungen des Aethals mit fetten Säuren besteht. Es fragt sich, welches sind diese Verbindungen?

Die Untersuchung der fetten Säuren, welche aus dem Wallrath entstehen, wenn er verseift wird, hat ergeben, daß dabei eine geringe Menge Oelsäure oder einer ihr ähnlich zusammengesetzten, weniger Wasserstoff- als Kohlenstoff-Atome enthaltenden Säure entsteht. Diese Säure dürfen wir als mit dem Glycerin verbunden betrachten. Die Verbindung beider constituirt ohne Zweifel den wesentlichen Bestandtheil des Oeles, aus welchem der eigentliche Wallrath herauskrystallisirt, wenn das wallrathhaltige Fett aus den Kopfhöhlen der Cetaceen einer niedrigeren Temperatur ausgesetzt wird, als es innerhalb dieser Thiere besitzt.

Von den anderen Säuren aber, welche in den Verseifungsproducten des Wallraths haben nachgewiesen werden können, und die deshalb in wesentlicher Menge im Wallrath enthalten seyn müssen (denn sonst würde ich sie bei der Schwierigkeit der Trennung dieser Säuren, welche stets mit sehr großem Verluste an Substanz verbunden ist, nicht haben rein darstellen können), darf man mit Entschiedenheit behaupten, daß sie darin an Aethyl gebunden seyn müssen. Unter diesen Säuren ist aber keine, welche die Eigenschaften der Aethylsäure besäße. Der Wallrath besteht daher nicht aus einer Verbindung des Aethals mit Aethylsäure, sondern aus einer Mischung der Verbindungen des Aethals mit verschiedenen Säuren. Diese Säuren sind: Margarinsäure ( $C^{34}H^{56}O^2 + OH$ ), Palmitinsäure

( $C^{32}H^{31}O^3 + HO$ ), Cetinsäure ( $C^{30}H^{29}O^3 + HO$ ), Myristinsäure ( $C^{28}H^{27}O^3 + HO$ ) und Cocinsäure ( $C^{26}H^{25}O^3 + HO$ ). Außerdem ist eine noch kohlenstoffreichere Säure als die Margarinsäure, deren Schmelzpunkt höher ist als der der Palmitinsäure, und die mit diesen beiden Säuren gemengt den Schmelzpunkt des Gemisches noch unter den der Margarinsäure sinken macht, darin enthalten. Ist diese Säure, wie ich vermuthe, Stearophansäure, so würde ihre Zusammensetzung seyn  $C^{36}H^{35}O^3 + HO$ .

Alle diese Säuren sind also an Aethyl gebunden im Wallrath enthalten. Da wir nun wissen, daß nicht bloß eine Aethylverbindung mit fetten Säuren existirt, sondern mehrere, so bedürfen wir einer besonderen Bezeichnungswiese dieser Verbindungen. Ich schlage vor die Namen für dieselben aus den Anfangssyllben der Namen der einzelnen Säuren und aus Aethyl zusammenzusetzen. Demnach besteht der eigentliche reine Wallrath aus:

- 1) Stearophäthyl (?) =  $C^{36}H^{35}O^3 + C^{32}H^{33}O = C^{68}H^{68}O^4$
- 2) Margäthyl =  $C^{34}H^{33}O^3 + C^{32}H^{33}O = C^{66}H^{66}O^4$
- 3) Palmäthyl =  $C^{32}H^{31}O^3 + C^{32}H^{33}O = C^{64}H^{64}O^4$
- 4) Cetäthyl =  $C^{30}H^{29}O^3 + C^{32}H^{33}O = C^{62}H^{62}O^4$
- 5) Myristäthyl =  $C^{28}H^{27}O^3 + C^{32}H^{33}O = C^{60}H^{60}O^4$
- 6) Cocäthyl =  $C^{26}H^{25}O^3 + C^{32}H^{33}O = C^{58}H^{58}O^4$

Mit dieser Ansicht von der Zusammensetzung des Wallraths stimmen die Analysen des vermeintlichen reinen Cetins, welche bisher ausgeführt sind, recht gut überein. Nur Stenhouse <sup>1)</sup> scheint zu wenig Kohlenstoff gefunden zu haben. Sein Cetin enthielt nämlich nur 78,66 Proc. Kohlenstoff, während die Verbindung, die am wenigsten Kohlenstoff enthält, das Cocäthyl 79,4 Proc. hätte geben müssen. Smith's <sup>2)</sup> Zahlen für das bei 49°,5 C. schmelzende Cetin (79,71 C 13,30 H) stimmen mit der Zusammensetzung des Cetäthyls (79,83 C, 13,30 H) und die von mir <sup>3)</sup> bei der

1) *Phil. magaz.* 1842, T. 20, p. 271. \*

2) *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 42, S. 247. \*

3) *Pogg. Ann.* Bd. 84, S. 232. \*

Analyse des bei 53°,5 C. schmelzenden gefundenen (80,03 C, 13,25 H) mit der des Margäthals (80,16 C, 13,36 H) recht gut überein.

Man ersieht aus obiger Zusammenstellung, daß eine ganze Reihe der Säuren, deren allgemeine Formel  $C^nH^{n-1}O^3 + HO$  ist, als Aethylverbindungen im Wallrath enthalten ist. Setzt man in diese Formel nach einander alle die geraden Zahlen für  $n$  ein, welche zwischen 36 und 26 (inclusive) liegen, so erhält man diese sechs Säuren. Es mag wunderbar erscheinen, daß eine fette Substanz, wie der Wallrath, der so schön krystallisirt, so complicirt zusammengesetzt seyn soll. Allein dieß hört auf wunderbar zu seyn, wenn man bedenkt, daß alle diese sechs Aethylverbindungen vermöge ihrer analogen Zusammensetzung isomorph seyn müssen, oder wenigstens seyn können. Nimmt man dieß an, so ist es ganz natürlich, daß die Krystallisation der einen die der andern nicht zu stören vermag.

Ebenso möchte sich mancher darüber verwundern, daß sich ein so complicirtes Gemisch von Substanzen in den Cetaceen bilden sollte. Aber auch hierfür läßt sich leicht eine Erklärung finden. Nach den schönen Untersuchungen von Redtenbacher und Guckelberger entsteht bei der Zersetzung der Oelsäure und der Proteinsubstanzen durch oxydirende Mittel, eine ganze Reihe von Säuren, die nach der allgemeinen Formel  $C^nH^{n-1}O^3 + HO$  zusammengesetzt sind. Offenbar ist die Ursache der Bildung dieser ganzen Reihe von Stoffen darin zu suchen, daß sich bei dieser allmähigen Oxydation zuerst eine sehr kohlenstoffreiche Säure dieser Reihe bildet, welche durch fernere Oxydation unter Bildung von Kohlensäure und Wasser, oder anderer kohlenstoff-, wasserstoff- und sauerstoffhaltiger Producte, genug unter steter Abgabe von gleich viel Atomen Kohlenstoff und Wasserstoff in an diesen Elementen ärmere, an Sauerstoff aber reichere Säuren derselben Reihe übergeführt wird.

Der thierische Organismus ist nun ein noch allmähiger wirkender Oxydationsapparat. Durch die Respiration

wer-

werden in ihm Stoffe in Kohlensäure und Wasser und in andere organische Stoffe übergeführt. Es liegt nahe, anzunehmen, daß die Zersetzung der fetten Säuren innerhalb des Organismus eine analoge seyn werde, wie sie außerhalb desselben durch Reagentien hervorgebracht werden kann. Nimmt man an, daß diese Oxydation zuerst wesentlich die fetten Säuren ergreife, während das Aethyl noch unverändert bleibt, so ist die Bildung aller jener verschiedenen Aethylverbindungen erklärt. Man hat sich dann vielleicht eher darüber zu verwundern, daß nicht noch mehr der Säuren der Fettsäurereihe in den Verseifungsproducten des Wallraths gefunden worden sind. Freilich mache ich durchaus nicht den Anspruch, nachgewiesen zu haben, daß außer den von mir unter den Verseifungsproducten des Wallraths aufgefundenen fetten Säuren, keine andere darin vorkomme. Die mir zu Gebote stehenden Scheidungsmethoden sind nicht so vollkommen, daß durch dieselben die vollständige Abwesenheit einer derselben nachgewiesen werden könnte.

Uebrigens ist wohl nicht zu bezweifeln, daß auch das Aethyl endlich der oxydirenden Einwirkung der Respiration unterliegen muß. Die von mir bei vorliegender Untersuchung aufgefundenen indifferenten Stoffe sind vielleicht die Producte dieser Oxydation des Aethyls.

Ich habe dargethan, daß unter den fetten Säuren, welche bei der Verseifung des Wallraths entstehen, keine Säure sich befindet, welche der Aethylsäure entspricht, und daß das, was Smith für Aethylsäure hielt, ein Gemenge verschiedener Säuren war. Demnach lag der Gedanke nahe, auch die von Dumas und Stafs<sup>1)</sup> durch Einwirkung einer Mischung von Kalihydrat und Kalk auf Aethyl erhaltene Säure, welche nach Smith mit der von ihm dargestellten sogenannten Aethylsäure im Schmelzpunkt, in der Zusammensetzung und in allen übrigen Eigenschaften übereinkommen soll, möchte keine reine Säure, sondern ein Gemisch verschiedener Säuren seyn. Der Versuch hat

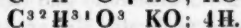
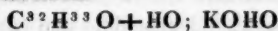
1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 35, S. 139. \*

diese Voraussetzung vollkommen bestätigt. Zwar vermag ich nicht anzugeben, woraus dieses Säuregemisch zusammengesetzt ist, ich muß mir dies für eine spätere Arbeit versparen, aber entschieden ist, daß auch die von Dumas und Stafs dargestellte Aethalsäure ein Säuregemisch ist, daß also Aethalsäure als chemisch reine Substanz nicht existirt.

Ich habe dies auf folgende Weise nachgewiesen. Chemisch reines Aethal, dessen Reinheit durch die weiter oben (S. 29) angegebene Analyse nachgewiesen war, wurde mit dem sechsfachen Gewicht einer Mischung von gleichen Theilen Kalihydrat und Kalk bei  $210^{\circ}$  C. bis  $220^{\circ}$  C. in einem Metallbade erhitzt. Mit Sorgfalt wurde darauf gesehen, daß die Temperatur  $220^{\circ}$  C. nicht überstieg. Es entwickelte sich dabei Wasserstoffgas in nicht sehr reichlicher Menge. Die Säure, welche sich gebildet hatte, wurde genau so von dem Kali und Kalk und dem unzersetzten Aethal abgeschieden, wie diese Operation von Dumas und Stafs ausgeführt worden ist. Die von mir erhaltene Säure besaß nicht den Schmelzpunkt, den Dumas und Stafs angeben. Sie schmolz schon bei  $53^{\circ}$  C. Aber schon durch einmaliges Umkrystallisiren dieser Säure stieg der Schmelzpunkt auf  $55^{\circ},5$  C., also höher, als nach Dumas der Schmelzpunkt der Aethalsäure liegt. Als ich diese Säure in kochendem Alkohol löste, und diese Lösung mit  $\frac{2}{3}$  ihres Gewichts essigsaurer Baryterde, die gleichfalls in kochendem Alkohol gelöst war, fällte, erhielt ich ein Barytsalz, dessen Säure, (welche durch Kochen jenes Salzes mit verdünnter Salzsäure erhalten wurde) bei  $59^{\circ},5$  C. schmolz, während der Schmelzpunkt der in der Lösung gebliebenen Säure bei  $54^{\circ}$  C. lag. Als jene erste Säureportion nochmals mit  $\frac{2}{3}$  ihres Gewichts essigsaurer Baryterde partiell gefällt wurde, lieferte das gefällte Barytsalz, als es durch Salzsäure zersetzt wurde, eine Säure, deren Schmelzpunkt bei  $61^{\circ},3$  C. lag. Hieraus folgt nothwendig, daß die aus dem Aethal durch Einwirkung einer Mischung von Kalihydrat und Kalk erhaltene Säure keine reine

Säure, sondern ein Säuregemisch ist. Der Name Aethal-  
säure muß daher aus der Wissenschaft verschwinden.

Ohne Zweifel ist der Proceß, welcher bei dieser Zer-  
setzung stattfindet, nicht so einfach, wie Dumas und  
Staß glaubt haben. Wahrscheinlich wird nicht nur  
Wasserstoff bei dieser Operation erzeugt, sondern auch  
Kohlensäure. Diese muß jedoch an Kali und Kalk ge-  
bunden bleiben, so daß sich in Gasform allerdings nur  
Wasserstoff entwickelt. Es ist wahrscheinlich, daß die  
bei 61°,3 C. schmelzende Säure nichts anderes ist als noch  
etwas unreine Palmitinsäure, deren Ansehen sie vollkommen  
besaß. Diese Säure würde das erste Product der Einwir-  
kung des Kalihydrats auf das Aethyl seyn, und so daraus  
entstehen, wie Dumas und Staß glaubten, daß daraus  
die Aethylsäure entstände. Denn die Palmitinsäure hat  
dieselbe Zusammensetzung, welche Dumas und Staß der  
Aethylsäure zuschreiben.



Aus dieser Säure würde dann durch fernere Einwirkung  
von Kalihydrat vielleicht die Säure entstehen, die aus  
 $C^{30}H^{30}O^4$  besteht und die ich mit dem Namen der Ce-  
tinsäure bezeichnet habe, und vielleicht auch noch etwas  
Cocinsäure, indem sich kohlen-saures Kali und die Kalisalze  
dieser Säuren bilden. Daß die vermeintliche Aethylsäure  
so zusammengesetzt sey, dafür spricht, daß Dumas und  
Staß bei der Analyse derselben Zahlen fanden, welche,  
wenn sie nach dem neueren Atomgewicht des Kohlenstoffs  
umgerechnet werden, mit der theoretischen Zusammen-  
setzung, welche die Aethylsäure haben soll, viel weniger  
stimmen, als mit der Zusammensetzung, welche sie haben  
muß, wenn man sie als eine solche Mischung betrachtet.  
Sie fanden im Mittel:

	Gefunden.	Berechnet.		Berechnet.	
Kohlenstoff	74,03	75,00	32 C	74,38	30 C
Wasserstoff	12,55	12,50	32 H	12,40	30 H
Sauerstoff	13,42	12,50	4 O	13,22	4 O
	100.	100.		100.	

Ich behalte mir vor, in einer späteren Arbeit die Zersetzungsproducte des Aethals, welche auf die angegebene Weise entstehen, zu studiren.

Am Schlufs dieser Arbeit sey mir erlaubt, in Kürze die Resultate derselben nochmals zu wiederholen.

- 1) Der käufliche Wallrath enthält eine geringe Menge bei der Verseifung Glycerin liefernder Fette.
- 2) Das Aethal, wie man es bisher dargestellt hat, ist noch mit anderen indifferenten Stoffen verunreinigt. Es wird eine Methode angegeben, es im chemisch reinen Zustande zu erhalten.
- 3) Dessenungeachtet ist die bisher für das Aethal angenommene Formel  $C^{32}H^{33}O + H$  als die wirklich seine Zusammensetzung ausdrückende zu betrachten.
- 4) Aufser dem Aethal, dem Glycerin und den fetten Säuren bildet sich bei der Verseifung des käuflichen Wallraths noch ein aus  $C^{18}H^{18}O^2$  bestehender Körper, der bei 10 bis 12° C. schmilzt; und endlich erhält man
- 5) einen Körper, der nach der Formel  $C^{28}H^{26}O^4$  zusammengesetzt ist, selbst in heifsem Alkohol sich schwer löst, und von dem nicht gewifs ist, ob er aus dem Wallrath erst durch Verseifung entstehe oder ob er schon in demselben präexistire.
- 6) Die aus dem Wallrath durch Verseifung entstehenden Säuren sind ein Gemisch von verschiedenen Säuren. Aethalsäure, d. h. eine bei 55° C. schmelzende, aus  $C^{32}H^{31}O^3 + HO$  bestehende Säure, ist darin nicht zu entdecken. Sie bestehen aus einem Gemisch von
- 7) einer erst bei einer 62° C. übersteigenden Temperatur schmelzenden, mehr Kohlenstoff als die Margarinsäure enthaltenden Säure (Stearophansäure?  $C^{36}H^{35}O^3, HO?$ )
- 8) Margarinsäure ( $C^{34}H^{33}O^3 + HO$ ),
- 9) Palmitinsäure ( $C^{32}H^{31}O^3 + HO$ ),
- 10) Cetinsäure, einer bei 53°,5 C. schmelzenden, in sternförmig gruppirten Blättchen erstarrenden Säure, deren Zusammensetzung  $C^{30}H^{29}O^3 + H$  ist,
- 11) Myristinsäure ( $C^{28}H^{27}O^3 + HO$ ),

- 12) Cocinsäure ( $C^{26}H^{25}O^3 + HO$ ), und
- 13) einer Säure, die geringere Verwandtschaft zur Baryterde äufsert als die Myristinsäure, gröfsere als die Cocinsäure, aber erst bei  $50^\circ$  C. schmilzt.
- 14) Hiernach besteht der eigentliche, reine Wallrath aus stearophansaurem (?) Cetyloxyd  $C^{36}H^{35}O^3 + C^{32}H^{33}O$  (?), welches ich Stearophäthal nenne, aus margarinsaurem Cetyloxyd ( $C^{34}H^{33}O^3 + C^{32}H^{33}O$  Margäthal), aus palmitinsaurem Cetyloxyd ( $C^{32}H^{31}O^3 + C^{32}H^{33}O$ , Palmäthal), aus cetinsaurem Cetyloxyd ( $C^{30}H^{29}O^3 + C^{32}H^{33}O$ , Cetäthal), aus myristinsaurem Cetyloxyd ( $C^{28}H^{27}O^3 + C^{32}H^{33}O$  Myristäthal), aus cocinsaurem Cetyloxyd ( $C^{26}H^{25}O^3 + C^{32}H^{33}O$  Cocäthal) und noch einer ähnlichen Cetyloxydverbindung einer Säure, deren Zusammensetzung nicht untersucht werden konnte.
- 15) Die Säure, welche aus dem Aethal durch Einwirkung von Kalikalk bei einer  $220^\circ$  C. nicht übersteigenden Temperatur entsteht, ist keine reine, sondern ein Gemenge verschiedener Säuren. Aethalsäure existirt nicht als eine reine chemische Verbindung.

---

VII. *Ueber die Menge der Kohlensäure in den höheren Schichten der Atmosphäre;*  
*von Adolph Schlagintweit.*

---

Bei den folgenden Versuchen wurde die Kohlensäure durch drei mit Kalihydrat gefüllte Röhren absorbirt; die Feuchtigkeit der Luft wurde theils durch Chlorcalcium, theils durch in Schwefelsäure getränkten Bimsstein entfernt. In dem letzteren Falle (bei den Versuchen 3, 5, 6 und 7) war zwischen den Bimsstein- und den Kali-Röhren noch ein kleines, mit Baumwolle und Asbest gefülltes Glasrohr

eingeschaltet, um die Fehler zu vermeiden, welche etwa durch ein Hinüberführen von schwefelsauren Dämpfen in die Kaliröhren befürchtet werden könnten. Es befanden sich zwei Chlorcalcium- oder Bimssteinröhren an der Einstromungsöffnung, eine dritte Chlorcalciumröhre war zwischen dem Aspirator und der letzten Kaliröhre angebracht.

Das Gewicht der Chlorcalciumröhren, welche ebenso wie die Kaliröhren, theils gerade, theils U-förmig gekrümmt waren, betrug zwischen 35 und 47 Grm. <sup>1)</sup> Ich hatte mich vor den Versuchen von der Reinheit der angewendeten Substanzen und besonders davon überzeugt, daß das Chlorcalcium keine Kohlensäure absorbirte.

Die Wägungen wurden unmittelbar *vor* und *nach* jedem Versuche (Nr. 16 ausgenommen) mit einer Wage von Kleiner angestellt <sup>2)</sup>; dieselbe war mit einem zerlegbaren Kasten von starker Pappe versehen, welcher einen kleinen Ausschnitt hatte, um die Bewegungen am Index erkennen zu lassen.

Während des sehr kurzen Transportes von dem Aufstellungspunkte des Apparates bis zu dem abgeschlossenen Raume, in welchem die Wägungen vorgenommen wurden <sup>3)</sup>, konnte auf keinen Fall eine Zunahme der drei Kaliröhren durch Feuchtigkeitsabsorption stattfinden; dieselben blieben an den beiden Endpunkten mit den Chlorcalciumröhren fest verbunden, deren Oeffnungen selbst mit langen Papierpfropfen verschlossen waren. Alle Röhren waren,

- 1) Eine dritte Chlorcalciumröhre erlitt bei dem Durchstreichen von 20000 bis 30000 C. Cent. Luft nie die geringste Veränderung; die Feuchtigkeit wurde entweder vollständig oder doch dem größten Theile nach schon in der ersten Röhre absorbiert. Die Wägungen der Chlorcalciumröhren, welche ich bei einigen Versuchen auf der Vincenthütte anstellte, werden später bei Betrachtung der Feuchtigkeitsverhältnisse der Atmosphäre mitgetheilt werden.
- 2) Die Oberfläche der Kaliröhren wurde vor jeder Wägung sorgfältig gereinigt.
- 3) Bei den Versuchen in der Nähe der Vincenthütte geschah dieses in der Hütte selbst, auf dem Matterjoch in einem Zelte, in den übrigen Fällen in nahegelegenen Häusern.

um das Zerbrechen zu verhindern, auf einem reinen Brette befestigt.

Bei dem Versuche auf der Vincentpyramide wurden die Röhren am Morgen und am Abende desselben Tages auf unserer Hütte gewogen; während des Transportes waren sie mit Papierpfropfen und Kautschuck-Röhren fest verschlossen und einzeln in Papier gewickelt, in hölzernen Kästchen verpackt. Ich hatte zur Controlle ein viertes, nicht zum Versuche benutztes Kalirohr, in ganz gleicher Weise verpackt, mitgenommen, dessen Gewicht des Morgens und des Abends nicht die geringste Veränderung zeigte.

Der Aspirator, aus starkem Eisenblech, mit zwei Hähnen an der Ein- und Ausströmungsöffnung versehen, faßte 7930 C. Cent. Wenn derselbe wegen momentanen Wassermangels nicht völlig gefüllt werden konnte<sup>1)</sup>, oder um den Versuch früher abubrechen, nicht ganz entleert wurde, so bestimmte ich die benutzte Wassermenge durch ein 250 C. Cent. fassendes, graduirtes Meßgefäß. Der luftdichte Schluß der Kautschuckröhren, welche die verschiedenen Theile des Apparates verbanden, wurde mehrere Male während der Dauer des Versuches geprüft; ich band gewöhnlich die Kautschuckröhren an jedem Ende mit je zwei Schnüren an die Glasröhren fest, wodurch ein ununterbrochen luftdichter Verschluss des Apparates erzielt wurde.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß der Hahn an der Einströmungsöffnung des Aspirators geschlossen wurde, sobald ich an dem Apparate oder in seiner Umgebung beschäftigt war; ich vermied ferner so sehr als möglich, auch wenn das Durchstreichen der Luft unterbrochen war, mich der Oeffnung der vordersten Chlorcalciumröhre zu nähern.

1) Dieses war zuweilen auf der Vincenthütte der Fall, wo man sich durch Schmelzen von Schnee das nöthige Wasser verschaffen mußte. — Bei allen Versuchen (außer Num. 16) wurde das ausfließende Wasser in Gefäßen wieder aufgesammelt, um zu verhindern, daß es sich über den Boden verbreitete.

Die Untersuchung der atmosphärischen Luft von Berlin wurde in dem Laboratorium von Hrn. Prof. H. Rose angestellt, welcher mir auch mit zuvorkommender Güte gestattete die vorbereitenden Versuche in seinem Laboratorium auszuführen.

Für die Berechnung wurden angenommen:

Specificisches Gewicht des Kohlensäuregases nach Regnault (Pogg. Ann. Bd. 65, S. 418)	1,5291
Ausdehnungscoëfficient des Kohlensäuregases für 1° C. nach Regnault	0,003719
Gewicht von 1000 Cub. Cent. Kohlensäure bei 0° C. und 760 Mm. Bar. nach Regnault <sup>1)</sup>	1,9774 Grm.

- 1) *Relation des expériences pour déterminer les principales lois physiques et les données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur.* 1847. p. 158. — Bei unseren früheren Versuchen in Kärnthen hatten mein Bruder und ich nach den Tafeln von Marchand (S. 10) das Gewicht von 1000 C. Cent. Kohlens. = 1,9870 Grm. angenommen.

## Zusammenstellung der Versuche. 1851.

Höhe.	Zeit und Dauer des Versuches.	Barometer red. in Millim.	Temperatur der Luft ° Cels.	Befeucht. Therm. ° Cels.	Relative Feuchtig- keit.	Volum d. unters. Luft. Cub. Cent.	Gewicht der Kaliröhren in Grammen.		Kohlens. in 10000 Volum- theilen Luft.
							Vor dem Versuche.	Nach dem Versuche.	
Met.	Par. Fuß.	1. Berlin <sup>1)</sup> .							
32,5	100	19. Juni 1851	Mittel 13	10 <sup>h</sup> p. m. 11,4	71	23850	(28,4375)	28,455	4,22
		7 <sup>h</sup> p. m. bis 20. Juni 10 <sup>h</sup> a. m.		20. J. 6 <sup>h</sup> a. m. 10,25	83		18,412	18,413	0,001
				(2 <sup>h</sup> p. m. 12,9)	(57)		19,930	19,9305	0,0005
									0,019

Westwind, halbheller. Min. d. Nacht 11,0 C. Am 19. Juni Vorm. und Mitt. war es trübe, am vorhergehenden Tage (18. Juni) trübe mit Regen.

## 2. Berlin.

32,5	100	20 Juni 7 <sup>h</sup> p. m. bis 21. Juni 10 <sup>h</sup> a. m.	Mittel 14	10 <sup>h</sup> p. m. 11,0 21 J. 6 <sup>h</sup> a. m. 11,0 (2 <sup>h</sup> p. m. 12,9)	77 72 (40) (Mittel des Tag. 57)	23850	28,455	28,470	3,90
							18,413	18,414	0,001
							19,9305	19,932	0,0015
							41,672	41,672	—
									0,0175

Schwacher Westwind, heiter; Min. d. Nacht 12,5 C.

- 1) Berlin. Im Laboratorium von Hrn. Prof. H. Rose, in der Cantianstrasse; die Fenster waren geschlossen, die Luft strömte von Außen durch eine Glasröhre ein, deren vorderes Ende I bis 2 Fufs von der Wand des Hauses, und 9 Fufs vom Pflaster entfernt war. Auf der gegenüberstehenden Seite der Strasse befinden sich keine Häuser; sie ist von der Sprce begränzt.
- 2) Bar.: Mittel der Beobachtungen vom 19. u. 20. Juni. Ich verdanke die meteorolog. Beobachtung für diesen und die folgenden Tage der gütigen Mittheilung des Hrn. Prof. Dove.
- 3) Bar.: Mittel d. Beob. vom 20. und 21. Juni.

Höhe. Met.	Par. Fußs.	Zeit und Dauer des Versuches.	Barometer red. in Millim.	Temperatur der Luft. ° Cels.	Befeucht. Therm. ° Cels.	Relative Feuchtig- keit.	Volum d. unters. Luft. Cub. Cent.	Gewicht der Kaliröhren in Grammen.		Kohlens. in 10000 Volum- theilen Luft.
								Vor dem Versuche.	Nach dem Versuche.	

## 3. Berlin.

32,5	100	21. Juni 12 <sup>h</sup> bis 4 <sup>h</sup> p.m.	761,8 Mitt. d. Tag. (2 <sup>b</sup> 761,87)	12 <sup>h</sup> 18,2 2 <sup>h</sup> 19,9 4 <sup>h</sup> 18,6	— 12,9 —	— 40 —	11925	28,470 41,672 18,414	28,476 41,676 18,414	0,006 0,004 —	4,53
18,9 Mitt. d. Tag. 57											0,010

Schwacher Westwind, heiter. Mittel aus Num. 1, 2 und 3 = 4,22.

## 4. St. Jean de Gressoney, im Lysstale in Piemont; südlich vom Dorfe in der Nähe eines freistehenden Hauses.

1370	4218	18. Sept. 1851 2 <sup>h</sup> bis 6 <sup>h</sup> 30 p.m.	4 <sup>b</sup> 645,0	Mittel 6,0	5,6	94	18400	29,0285 12,3845 14,941	29,041 12,3865 14,9415	0,0125 0,0020 0,0005	4,97
0,0150											

Schwacher Südostwind, bewölkt; die Wolken reichen bis unter d. Baumgränze herab; mit kurzen Unterbrechungen anhaltender leichter Regen während des Versuches. — Der Barometerstand bezieht sich hier ebenso wie bei Num. 5 und 6 auf den Aufstellungspunkt des Apparates.

## 5. Zermatt, im Vispethal im VVallis; auf einer freien Erhöhung unterhalb des Dorfes; 4 bis 5 Fußs über dem Boden.

1652	5086	19. Aug. 2 <sup>h</sup> 30 bis 7 <sup>h</sup> 30 p.m.	5 <sup>b</sup> 631,0	3 <sup>h</sup> 17,0 5 <sup>h</sup> 10,0 7 <sup>h</sup> 6,1	13,2 7,4 4,7	63 66 79	15860	21,972 19,223 13,995	21,983 19,224 13,995	0,011 0,001 —	4,80
11,0											0,012

Ost-Nord-Ostwind, heiter. Trübes Wetter, zum Theil von Regen begleitet, war vorhergegangen; der Boden war ziemlich feucht.

6. Bédemié, im Lysthale; auf einem kleinen, mit Rasen bewachsenen Hügel, 180 Schritt vom Hause entfernt.

1925	5925	17. Sept. 2 <sup>b</sup> bis 5 <sup>b</sup> 30 p. m.	3 <sup>b</sup> 605,0	Mittel 5,0	4,8	97	12930	29,070	29,078	0,008	4,75
								12,383	12,3845	0,0015	
								14,941	14,941	—	
										0,0095	

Südostwind, bewölkt; die Wolken reichten bis zum Beobachtungspunkte herab und umhüllten denselben zuweilen in dichten Massen. Von 3 bis 5 Uhr leichter Regen; der Apparat war durch Breiter vor demselben geschützt.

#### 7. Vincenthütte<sup>1)</sup>.

3162	9734	4. Sept. 1 <sup>b</sup> bis 5 <sup>b</sup> p. m.	2 <sup>b</sup> 519,4 4 <sup>b</sup> 519,9	2 <sup>b</sup> 5,3 4 <sup>b</sup> 4,7	2,3 4,7	54 100	20000	21,991	22,009	0,018	7,53
			519,7	5,0		77		14,895	14,897	0,002	
								13,7205	13,7205	—	
										0,020	

Nordostwind; im Allgemeinen ziemlich heiter, zuweilen vorüberziehende Wolken und Nebel. Boden sehr feucht; des Morgens war er mit einer dünnen Schneelage von 1 Cent. bedeckt.

1) Vincenthütte, auf der südlichen Abdachung des Monte-Rosa, in Piemont. Im Osten der Hütte senken sich steile, 350 bis 400 Fuß hohe Felsenwände gegen Embours und gegen das Sesialthal hinab; auf einem Felsenvorsprunge, etwas unterhalb der Hütte und 44 Schritte davon entfernt, befand sich der Apparat; die Röhren ragten auf einem Breite ganz frei hinaus. Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß schon wegen der Lage des Beobachtungspunktes Rauch, welcher etwa in der Hütte gewesen wäre, keinen nachtheiligen Einfluss hätte ausüben können; es wurde überdiels sorgfältig darauf geachtet, daß niemals während der Dauer eines Versuches Feuer in der Hütte brannte.

Höhe.	Zeit und Dauer des Versuchs.	Barometer red. in Millim.	Temperatur der Luft. ° Cels.	Befeucht. Therm. ° Cels.	Relative Feuchtig- keit.	Volum d. unters. Luft. Cub. Cent.	Gewicht der Kaliröhren in Grammen.	Kohlens in 10000 Volum- theilen Luft.	
Met.	Par. Fufs.						Vor dem Versuche.	Nach dem Versuche.	Za- nahme.

## 8. Vincenthütte.

3162	9734	5. Sept. 11 <sup>a</sup> a. m. bis 3 <sup>h</sup> p. m.	10 <sup>b</sup> 522,9 12 <sup>a</sup> 523,0 2 <sup>b</sup> 523,0 523,0	11 <sup>a</sup> 5,6 12 <sup>a</sup> 5,6 1 <sup>b</sup> 7,4 2 <sup>a</sup> 9,1 3 <sup>b</sup> 7,3	5,2 5,6 6,1 6,1 5,2	94 100 81 61 70	15500	14,897 13,971 13,7205 13,7205	0,0145 0,0005 — 0,0150	7,30
						81				

Südwestwind, halbheller; von 12 Uhr ab war die Hütte nicht selten von Wolken umgeben.

## 9. Vincenthütte.

3162	9734	5. Sept. 3 <sup>h</sup> 30 bis 7 <sup>h</sup> 30 p. m.	4 <sup>b</sup> 523,6 5 <sup>a</sup> 523,3 5 <sup>b</sup> 522,9 7 <sup>b</sup> 522,0 523,0	5 <sup>b</sup> 5,6 5 <sup>a</sup> 4,2 6 <sup>a</sup> 2,8 7 <sup>a</sup> 2,0 3,7	5,6 4,2 2,8 1,9	100 100 100 98 100	20950	14,9115 13,9715 13,7205 13,7207	0,0110 0,0055 0,0002 0,0167	5,94
------	------	--	---	---	--------------------------	--------------------------------	-------	--	--------------------------------------	------

Ziemlich starker Ostwind; der Beobachtungspunkt war beständig von einer sehr dichten VVolkenschicht umhüllt; Boden sehr feucht.

## 10. Vincenthütte.

3162	9734	6. Sept. 8 <sup>a</sup> a. m. bis 12 <sup>h</sup>	8 <sup>a</sup> 524,1 10 <sup>b</sup> 524,1 12 <sup>a</sup> 524,3 524,2	8 <sup>a</sup> 2,0 10 <sup>b</sup> 3,0 12 <sup>a</sup> 3,3 2,8	1,2 3,0 3,3	85 100 100 95	15900	13,977 13,7207 14,923 14,926	0,009 0,0068 0,003 0,0184	8,81
------	------	---	---	---	-------------------	------------------------	-------	---------------------------------------	------------------------------------	------

Schwacher Nordostwind; trübe und neblig, seit 10<sup>h</sup> Uhr häufig feiner Regen mit kleinen Schneeflocken vermischt.

## 11. Vincenthütte.

3162	9734	8. Sept. 10 <sup>h</sup> a. m. bis 6 <sup>h</sup> p. m.	10 <sup>h</sup> 523,1 12 <sup>h</sup> 523,1 2 <sup>h</sup> 523,2 4 <sup>h</sup> 523,5 6 <sup>h</sup> 523,5	10 <sup>h</sup> 3,0 12 <sup>h</sup> 3,6 2 <sup>h</sup> 3,8 4 <sup>h</sup> 2,1 6 <sup>h</sup> 0,2	3,0 3,4 3,6 2,1 0,1	100 97 97 100 98	31300	13,311 13,986 14,926	13,3435 13,988 14,9265	0,0325 0,002 0,0005 0,0350	8,29	
			523,3	2,5		98						

Nordostwind, halbheller, zwischen 1 und 4 Uhr nicht selten vorüberziehende Wolken, und Nebel bei der Hütte.

## 12. Vincenthütte.

3162	9734	10. Sept. 1 <sup>h</sup> 30 bis 6 <sup>h</sup> p. m.	2 <sup>h</sup> 526,8 4 <sup>h</sup> 527,1 6 <sup>h</sup> 527,6	2 <sup>h</sup> 3,4 4 <sup>h</sup> 2,8 6 <sup>h</sup> 2,0	0,4 1,3 1,8	50 73 96	27300	13,344 13,9855 28,9635	13,357 13,9955 28,967	0,013 0,007 0,0035	6,34
			527,2	2,7		73				0,0235	

Nordostwind; während des Versuches ziemlich dichte Wolkenmassen in den Umgebungen der Hütte vorüberziehend; des Nachts hatte ein leichter Schneefall stattgefunden; der Boden war sehr feucht.

## 13. Vincenthütte.

3162	9734	14. Sept. 12 <sup>h</sup> bis 6 <sup>h</sup> p. m.	12 <sup>h</sup> 526,7 2 <sup>h</sup> 526,6 4 <sup>h</sup> 526,6 6 <sup>h</sup> 526,6	12 <sup>h</sup> 4,1 2 <sup>h</sup> 5,3 4 <sup>h</sup> 3,2 6 <sup>h</sup> 3,1	4,1 3,9 3,2 3,1	100 78 100 100	27300	28,976 12,374 14,941	28,9955 12,379 14,941	0,0195 0,005 —	6,64
			526,6	3,9		95				0,0245	

Südostwind; Haufenwolken umhüllten mit geringen Unterbrechungen den Beobachtungspunkt von 1 Uhr ab.

Höhe. Met.	Par. Fufs.	Zeit und Dauer des Versuchs.	Barometer red. in Millimeter.	Temperatur der Luft. ° Cels.	Befeucht. Therm. ° Cels.	Relative Feuchtig- keit.	Volum d. unters. Luft. Cub. Cent.	Gewicht der Kaliröhren in Grammen.		Kohlens. in 10000 Volum- theilen Luft.
								Vor dem Versuch.	Nach dem Versuch.	

## 14. Vincenthütte.

3162	9734	15. Sept. 8 <sup>h</sup> a. m. bis 12 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup> 526,6 10 <sup>h</sup> 527,1 12 <sup>h</sup> 527,6	8 <sup>h</sup> 0,8 10 <sup>h</sup> 2,6 12 <sup>h</sup> 3,6	0,7 2,2 3,2	85 91 93	20100	28,9955 12,379 14,941	29,0175 12,383 14,941	0,022 0,004 —	9,51
			527,1	2,3		90				0,026	

Schwacher Nordwind; während der Dauer des Versuches sehr heiter; Boden trocken.

## 15. St. Theodul-Pass, oder Matterjoch. Auf dem schneefreien Platze bei den Fortificationen; auf der Mauer 5 bis 6 Fufs über dem Boden.

3353	10322	28. Aug. 12 <sup>h</sup> bis 4 <sup>h</sup> p. m.	2 <sup>h</sup> 507,5	12 <sup>h</sup> 2,1 2 <sup>h</sup> 3,1 4 <sup>h</sup> 1,1	0,8 1,7 +0,1	77 76 81	20000	19,225 13,279 19,450	19,239 13,285 19,4505	0,0140 0,0095 0,0005	9,16
				2,1		78				0,624	

Hefiger Südwestwind; in einer Höhe von 1000 bis 1500' ober dem Beobachtungspunkte zogen öfter Wolken vorüber, die Umgebungen des Passes selbst waren jedoch stets frei von Nebeln. — Ich verdanke diese Beobachtung meinem Bruder, welcher drei Tage auf dem Matterjoch verweilte.

## 16. Vincentpyramide, südwestliche Spitze des Monte-Rosa-Kammes.

4224	13003	12. Sept. 11 <sup>h</sup> 30 bis 1 <sup>h</sup> p. m.	1 <sup>h</sup> 459,80	1 <sup>h</sup> — 5,0	— 5,7	83	8800	28,967 13,996 13,358	28,976 13,997 13,358	0,009 0,001 —	9,32
										0,010	

Starker Ost-Nord-Ost-Wind, sehr heiter. — Die Einstürmungsöffnung des Apparates befand sich 2<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Fufs ober dem fest zusammengeflorenen Schnee.

Aus diesen Versuchen ergibt sich eine sehr deutliche Vermehrung der atmosphärischen Kohlensäure für jene Punkte in den Alpen, welche sich bedeutend über das Niveau des Meeres erheben. Man erhält im *Mittel* aus Nummer 7 bis 16, für Höhen zwischen 9700 und 13000 P. F. 7,9 Volumtheile Kohlensäure auf 10000 Theile Luft.<sup>1)</sup> Die Abweichungen zwischen den einzelnen Tagen sind sehr bedeutend.

Die Maxima von 9 bis 9,5 traten im allgemeinen bei schönem, heiterem Wetter ein<sup>1)</sup>. Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre wurde hingegen weit geringer und sank im Minimum auf 5,94 Volth. Kohlensäure in 10000 Thl. Luft herab, wenn der Beobachtungspunkt von dichten Wolken umhüllt war, welche der aufsteigende Luftstrom und die Winde aus der Tiefe der Thäler und aus der lombardischen Ebene heraufführten.

Diese Erscheinung dürfte wohl einem grossen Theile nach davon abhängen, daß durch die Wolken Luftschichten aus den tieferen Theilen, welche ärmer an Kohlensäure sind, mit emporgetragen wurden; innerhalb der Wolken scheinen sich dieselben weniger vollständig mit der umgebenden Atmosphäre zu mischen. Es können jedoch die häufige Bethauung und die allgemeine Feuchtigkeit der Bodenoberfläche unter ähnlichen meteorologischen Verhältnissen auf die Absorption und die Verminderung der Kohlensäure in den umgebenden Luftschichten ebenfalls von Einfluß seyn.

Meine Versuche ergaben häufig mehr als das Doppelte des mittleren Kohlensäuregehaltes, welchen man an tieferen Punkten und in den Ebenen findet. Theodor von Saussure erhielt an niedrigen Punkten aus seinen zahlreichen vortrefflichen Versuchen<sup>2)</sup> im *Mittel* für 10000 Volumtheile Luft 4,15 Kohlensäure; es wurde dieses Resultat, innerhalb

1) Nur der Versuch Nr. 10 bietet eine theilweise Ausnahme hiervon dar.

2) *Mémoire sur les variations de l'acide carbonique atmosphérique. Mémoires de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. T. IV. 1828. p. 407.*

der von Saussure angegebenen Schwankungen von allen späteren Beobachtern bestätigt.

Saussure hat auch bereits den größeren Kohlensäuregehalt der Atmosphäre auf Bergen in den Umgebungen von Genf bemerkt. Ich führe einige der bedeutendsten Differenzen an, welche er beobachtete. (S. 444.)

	Met.	Kohlens.	gleichzeitig in Chambeisy (388 M.)
Nr. 39. Grand Salève-sur Crevin*), 28. Aug. 1827; Mittag	877	5,57	4,82
Nr. 40. Hermitage (petit Salève) 28. Aug. 1827; 3 Nachm.	331	5,44	4,82
Nr. 60. Gipfel der Dôle			
28. Jun. 1828; Mitt. . . . .	1267	4,91	4,46
Nr. 189. Col de la Faucille			
29. Sept. 1829; 11 Abends .	963	4,22	3,55
Nr. 190. Col de la Faucille **)			
30. Sept. 1829 Mitt. . . . .	963	3,95	3,15

\*) Die Höhen sind relative Höhen über dem Genfer-See (374,5 Met.).

\*\*) Nach anhaltend regnerischem Wetter, bei sehr feuchtem Boden.

In Gemeinschaft mit meinem Bruder hatte ich selbst im Jahre 1848 einige Versuche in Kärnthen angestellt<sup>1)</sup>; obgleich die Kaliröhren nicht unmittelbar vor und nach dem Versuche gewogen werden konnten, so liefs sich doch, bei einer Vergleichung der verschiedenen Beobachtungspunkte unter sich, ebenfalls eine deutliche Zunahme der Kohlensäure in gröfseren Höhen erkennen.

Wir erhielten:

			Volumtheile Kohlens. in 10000 Th. Luft.
Lienz . . . . .	752 M.	2314'	4,2
Heiligenblut . . .	1301	4004	4,1
Pasterzengletscher (an der Oberfläche des Gletschers) .	2420	7450	3,2
Johannishütte . .	2463	7581	} 4,7 4,8
Rachern . . . . .	3366	10362	

1) Pogg. Ann. Bd. LXXVI, S. 442. 1849.

Auch Hr. Lewy führt bei seinen interessanten Versuchen über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft im südlichen Amerika an <sup>1)</sup>, daß er etwas mehr Kohlensäure in den höheren Theilen gefunden habe. Die Zunahme war nicht sehr bedeutend. Während im Mittel die normale Luft von Neu-Granada  $\frac{4,008}{10000}$  Volumtheile Kohlensäure enthält, fand Lewy (S. 22)

			Volth. Kohlens.
in Bogota	2645 M.	8. Juli 1848	4,994
in Monserrate	3193	8. Juli 1848	5,215.

Aus den fortgesetzten Beobachtungen in Bogota im Jahre 1850 giebt derselbe für normale Luft als Maximum 5,043, als Minimum 3,609 Volth. Kohlensäure.

Dort erfährt jedoch die atmosphärische Kohlensäure nach Lewy's sorgfältigen Bestimmungen durch ausgedehnte Waldbrände oder auch durch vulkanische Exhalationen zuweilen eine sehr große und unregelmäßige Vermehrung; in Bogota war z. B. das Maximum für diese anormale Luft  $\frac{49,043}{10000}$  Volth. Kohlens., das Minimum  $\frac{6,178}{10000}$ .

Diese auffallenden Verhältnisse erlauben nicht, hier die Vermehrung der Kohlensäure in ihrer Abhängigkeit von der Höhe frei von anderen störenden Einflüssen zu verfolgen.

Der Grund für die geringere Menge der Kohlensäure an tieferen Punkten kann wohl, wie bereits früher geschehen, zum Theil wenigstens in der Zersetzung der Kohlensäure durch die Vegetation und in der Absorption dieses Gases durch den Boden und die in demselben enthaltene Feuchtigkeit gesucht werden <sup>2)</sup>. Es scheint jedoch

1) *Ann. de Chimie 3<sup>e</sup> sér. T. XXXIV. 1852. p. 5.* Die Versuche wurden nach der neuen Methode von Regnault und Reiset angestellt.

2) Es sind hierfür besonders die directen Versuche und Vergleichen von Theod. von Saussure von Wichtigkeit.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXXVII.

schwierig zu seyn, bei Betrachtung der grossen Mächtigkeit der Atmosphäre, auf diese Ursachen allein die Veränderungen des Kohlensäuregehaltes in verschiedenen Höhen zurückzuführen.

Die früheren Beobachtungen von Saussure, Lewy und von mir selbst, verglichen mit den Resultaten meiner neuen Versuche, scheinen also deutlich zu zeigen: *dass eine Vermehrung der Kohlensäure in den höheren Schichten der Atmosphäre stattfindet. Auf freien Erhebungen zwischen 9700 und 13000 P. F. enthalten nach den Versuchen in den Umgebungen des Monte-Rosa 10000 Theile Luft im Mittel 7,9, im Maximum selbst 9 bis 9,5 Volumtheile Kohlensäure.*

### VIII. Ueber eine optische Inversion mit freiem Auge; von H. Schröder.

§. 1. In einer Abhandlung betitelt: *On the optical illusion of the conversion of Cameos into Intaglios, and of Intaglios into Cameos, with an account of other analogous Phenomena* (Edinburgh Journal of Science Vol. IV. 1826) sagt, Brewster am Schluss: »Die letzte Art derartiger Täuschung und die merkwürdigste von allen wird hervorgerufen durch eine fortgesetzte Anstrengung des Geistes, sich selbst zu täuschen. Wenn man eine Gypsform nimmt wie sie zur Darstellung von Basreliefs benutzt wird, und das Auge fest darauf richtet, ohne von den umstehenden Gegenständen Notiz zu nehmen, so versetzt man sich in den Glauben, dass das Eingravirte ein Basrelief ist. Von Anfang ist es schwierig, die Täuschung hervorzubringen, aber nach kurzer Praxis bringt man es immer dahin. Wir haben es darin so weit gebracht, dass wir im Stande waren, mit dem Auge allein eine ganze hohle Maske eines mensch-

lichen Antlitzes in einen projecirten Kopf zu verwandeln. Wenn man das erreichen will, muß man den Anblick aller anderen Gegenstände ausschließen, und namentlich des Randes und der Dicke des Gusses. Dieser Versuch kann nicht verfehlen, einen hohen Grad von Erstaunen bei Denjenigen hervorzubringen, welchen er gelingt, und es ist kein Zweifel, daß er von den Bildhauern beachtet werden wird, welche ihn benutzen können als ein Hilfsmittel ihrer Kunst.»

Später hat noch Wheatstone in seinen Beiträgen zur Physiologie des Gesichtsinnes (Deutsch von Dr. Franz in diesen Annalen Ergänzungsband I), und endlich Moser in einer Abhandlung: »Ueber das Schätzen der relativen Entfernung, die Beurtheilung des Reliefs durch das Auge und über das Stereoskop von Wheatstone« (Repert. der Physik von Dove 1844. Bd. 5, S. 377), dieser Erscheinung gelegentlich erwähnt. Zur Erklärung derselben bemerkt Moser, daß das Auge sehr gewöhnt sey, die hellen Gegenstände, oder die hellen Theile eines und desselben Gegenstandes für näher als die übrigen zu halten. Wenn nun z. B. bei einem tief geschnittenen Steine das Licht in die am meisten vertieften Stellen falle, so werden dieselben dem Auge näher erscheinen, und der Stein also erhaben geschnitten.

Das Vorstehende ist ein getreuer Auszug dessen, was über die fragliche Erscheinung bisjetzt bekannt gemacht worden ist. Weder Brewster, noch Wheatstone, noch Moser haben eine genügende Erklärung derselben gegeben; alle drei Beobachter stellen sie mehr oder weniger bestimmt in eine Reihe mit der Umstülpung des Reliefs durch umkehrende optische Vorrichtungen, womit sie nichts gemein hat, und keiner beschreibt denjenigen Theil der Erscheinung, welcher, wie ich zeigen werde, gerade der merkwürdigste derselben ist.

§. 2. Die oben angeführten Bedingungen, welche Brewster angiebt, damit die Erscheinung wahrgenommen werde, lassen sich noch etwas schärfer feststellen. Wenn man die Matrize eines Kopfes, oder einer menschlichen Figur,

sey es in Gyps, Schwefel, Wachs oder in einem Stein u. s. w. in gehöriger Entfernung betrachtet, und sich in ihren Anblick einige Zeit versenkt, so geht die Matrize in eine Patrizie über. Es gelingt dieß leichter bei schiefer Beleuchtung und bei einseitig auffallendem Lichte, als bei allgemeiner Tageshelle. Die Matrize muß von Anfang in einer solchen Entfernung vom Auge außerhalb der deutlichsten Sehweite befindlich seyn, daß das Auge zwar wohl die Schatten- und Licht-Verhältnisse erkennt, aber doch nicht die Umrisse aller einzelnen Theile mit voller Schärfe auffaßt. So lange eine Matrize in solcher Nähe vor dem Auge ist, in welcher alle ihre Theile vom Auge genau erkannt werden, erscheint sie als Matrize, wie lange sie auch betrachtet werden mag. Daher müssen größere Formen, welche stärkere Vertiefungen enthalten, weiter vom Auge entfernt werden, wenn sie erhaben erscheinen sollen, als kleinere; und da man mit *beiden* Augen die Entfernungen und das Relief schärfer wahrnimmt, als mit *Einem* Auge, so muß eine Matrize weiter entfernt werden, wenn sie beim Gebrauch *beider* Augen erhaben erscheinen soll, als bei Betrachtung derselben mit *Einem* Auge. Die Täuschung stimmt in dieser Beziehung ganz mit derjenigen bei Zeichnungen und Gemälden überein. Man kann keinen körperlichen Gegenstand innerhalb der deutlichen Sehweite täuschend zeichnen oder malen. Auch bei Zeichnungen und Gemälden, ist die Rundung der Theile, das Hervortreten, das körperliche Erscheinen derselben bedingt von einer angemessenen Entfernung derselben vom Auge; die Täuschung ist leichter zu erzielen, wenn man sie mit *Einem* Auge, oder durch eine Röhre betrachtet, u. s. w. Das Erhabensehen hohler Formen mit freiem Auge tritt nur ein, wenn dieselben Köpfe, menschliche Figuren u. s. w., überhaupt solche Gegenstände vorstellen, welche nur plastisch gedacht werden können; es tritt nicht ein bei bloßen Ornamenten, weil bei diesen gar kein Grund vorliegt, sich dieselben anders vorzustellen, als wie sie wirklich erscheinen. Eine Umstülpung eines Ornamentes, so daß die Erhaben-

heiten vertieft und die Vertiefungen als Erhabenheiten erscheinen, ist mir nie gelungen, und ebenso wenig irgend einer der Personen, mit welchen ich diese Versuche zu wiederholen Gelegenheit hatte. Nur Schriftzüge auf einem gravirten Siegel ist mir hie und da gelungen, mit Einem Auge erhaben zu sehen, wenn der Glanz gerade auf die Kante der Schriftzüge zu liegen kam. Die Matrize eines menschlichen Antlitzes hingegen weckt die Vorstellung von einem menschlichen Antlitz in plastischer Form aus dem gleichem Grunde, aus welchem eine Zeichnung oder ein Gemälde diese Vorstellung hervorruft; nur thut es die Matrize viel vollkommener, weil sie nicht blofs ein mattes *Bild* von Schatten und Licht, sondern den *wirklichen* Schatten und das *wirkliche* Licht selbst enthält.

§. 3. Erscheint eine Matrize dem freien Auge erhaben, so ist man genöthigt, sich vorzustellen, dafs das Licht aus einer anderen Richtung herkomme, als woher es wirklich kommt. Diese letztere Annahme hat jedoch für den unbewußt thätigen Verstand, der alle sinnlichen Vorstellungen vermittelt, gar keine Schwierigkeit; eine hohle Form z. B. einer menschlichen Figur in Gyps erscheint dem freien Auge sogar um so vollkommener und um so leichter erhaben, je näher dieselbe in etwas schiefer Richtung dicht neben das helle Licht einer Lampe gehalten wird, weil Schatten und Licht dann am schärfsten sich ausprägen. Der Anblick der Lichtflamme selbst, neben der beleuchteten Figur, stört oder erschwert nicht im mindesten die Annahme, welche der Vorstellung unwillkürlich und unbewußt zu Grunde liegt, dafs die Beleuchtung aus einer anderen Richtung komme, als in welcher sich das Licht wirklich befindet. Bei der Auffassung einer Zeichnung, eines Gemäldes oder einer Form kommt es lediglich auf die Beschaffenheit von Schatten und Licht in dem Gegenstande selbst an; das Bewußtseyn, von welcher Seite das Licht wirklich herkommt, wirkt dabei nicht nur nicht bestimmend, sondern überhaupt gar nicht ein. Wie denn das

Bewußtseyn auf die sinnlichen Wahrnehmungen überhaupt ohne Einfluß ist.

§. 4. Ein Fernsichtiger muß eine hohle Form, wenn sie ihm erhaben erscheinen soll, weiter entfernen; dem Fernsichtigen fällt es überhaupt schwerer, zu dieser Anschauung zu gelangen; doch ist jeder, mit dem ich Versuche machte, nach einiger Zeit dazu gekommen, wenn die Objecte nur einigermaßen zart und fein ausgeführt waren.

§. 5. Es stehen sich bei der in Frage stehenden Illusion zwei Thätigkeiten der Seele entgegen. Die Wahrnehmung der wirklichen Contouren der Theile des Objects erzeugt die Vorstellung der Matrize; die Wahrnehmung der Vertheilung von Schatten und Licht sucht viel mächtiger, als ein Gemälde es kann, die Vorstellung der plastischen Form des abgebildeten Gegenstandes, die Vorstellung der Patrize zu erwecken. Was man Geistesversenkung nennt, ist nichts anderes, als der Zustand des Geistes, in welchem derselbe lebhafter sich den Eindrücken seiner Vorstellungen als den Eindrücken der Sinne und der Außenwelt hingiebt; in diesem Zustande entsteht die Vorstellung der Patrize; und ist sie einmal entstanden, so haftet sie hartnäckig. Die Matrize kann man nun als solche erst dann wieder sehen, wenn man eine Zeit lang weggesehen hat; ja durch lange Uebung und allzuhäufig wiederholte Versuche kann man dahin kommen, die Matrize gar nicht mehr als solche zu sehen; ein Zustand, der nur in einem krankhaften Zurückgedrängtseyn einer sonst immer frischen und sicheren Sinnesthätigkeit begründet seyn kann, und darum schädlich, ja unter Umständen für den Sinn des Gesichts gefährlich werden muß. Man soll sich deshalb vor allzu anhaltender Wiederholung dieser Versuche hüten.

Haftet einmal die Vorstellung von der erhabenen Form einer Matrize, so wird sie auch noch erhaben gesehen, selbst wenn man sie mit einem einfachen Vergrößerungsglase so betrachtet, daß die ganze Figur oder doch ganze Theile der Figur in das Gesichtsfeld fallen.

§. 6. Das Merkwürdigste bei dieser Inversion, und bisher gänzlich unbeachtet geblieben, ist das Folgende: Eine hohle Form eines Kopfes oder menschlichen Figur u. s. w., wenn sie mit freiem Auge erhaben gesehen wird, erscheint stets in einer wahrhaft *verklärten Beleuchtung*. Bei zarten und guten Gypsformen ist diese Verklärung etwas so Liebliches und Schönes, daß mir noch Niemand, den ich auf die Erscheinung aufmerksam gemacht habe, den Ausdruck des lebhaften Vergnügens darüber schuldig geblieben ist. Namentlich bei scharfer einseitiger und etwas schiefer Beleuchtung der hohlen Gypsform wird diese Erscheinung wahrhaft brillant. Ich glaube im Nachfolgenden eine völlig genügende Erklärung dieser Wirkung geben zu können.

Sey Fig. 13 Taf. III *abcd* irgend ein Theil einer hohlen Form, welche in der Richtung *lb* oder *ld* beleuchtet ist; so liegen die Theile *ab* und *cd* im Schatten. Sieht man den Gegenstand erhaben, so erscheint seine obere opake Fläche wie *abcd* in Fig. 14 Taf. III. Nun liegen aber Schatten und Licht in Bezug auf die Richtung des wirklich einfallenden Lichtes in gewissem Sinne verkehrt. Wollte man sich das Licht von der anderen Seite aus der Richtung *lb* oder *ld* einfallend denken, so würde die hierdurch entstehende Beleuchtung mit der sichtbaren Vertheilung von Schatten und Licht keineswegs übereinstimmen. Die Schatten *md* und *hb* wären widersinnig; auf *ie* und *ea* würden die nothwendigen Schatten fehlen. Man stellt sich daher den Körper aus der dieser Richtung direct entgegengesetzten Richtung *lb* oder *ld* beleuchtet vor, indem nur unter dieser Voraussetzung die nothwendige Schatten- und Licht-Vertheilung mit der wirklichen übereinstimmt. Da nun die obere Seite der Figur die sichtbare opake Oberfläche des Körpers vorstellt, so sieht man also den opaken Körper so beleuchtet, als ob das Licht von *Innen* käme, in einer Art Phosphorescenz oder Selbstleuchten, welche ganz die Schatten- und Lichtverhältnisse einhält, wie sie von geradlinig einfallendem fremdem Lichte herzurühren pflegen.

Durch keine Art von äußerer oder künstlicher Beleuchtung kann an einem opaken Körper dieselbe Erscheinung hervorgebracht werden. Sie trägt daher im eigentlichen Sinne des Wortes den Charakter der *Verklärung* an sich und ist von so ergreifender Wirkung, daß es mir erlaubt scheint, die neuere Glasmalerei ausdrücklich auf dieselbe aufmerksam zu machen. Will man auf durchscheinendem Glase, etwa für Kirchenfenster bestimmt, verklärte Gestalten darstellen, so ist in der Weise, wie eine zarte hohle Gypsform der betreffenden Figur dem freien Auge erhaben erscheint, die wirksamste Vertheilung von Schatten- und Lichtverhältnissen vollständig vorgezeichnet.

Ich will nur noch erwähnen, daß ich die feinsten hohlen Gypsformen, die ich bisjetzt zu Gesicht bekommen habe, und an welchen die geschilderte Erscheinung sehr schön hervortritt, bei Hrn. Rückel in München traf, der sie ausgeführt hatte, um mittelst derselben mit leichtflüssigen Metalllegirungen Abgüsse von Medaillen, Siegeln u. s. w. herzustellen.

Manheim, den 28. September 1852.

---

**IX. Berichtigung zu meiner Notiz: Ueber die Theorie der elektro-magnetischen Maschinen;  
von J. Müller.**

---

**D**as achte Heft der Annalen dieses Jahres (S. 598) enthält eine Beanstandung der Formel, welche Jacobi für das Maximum des mechanischen Effects einer elektro-magnetischen Maschine gegeben hatte. Meine dort entwickelte Betrachtung beruht aber auf einem Irrthum; der Nenner  $\rho$  darf in der That aus der Gleichung (7) der Jacobi'schen Abhandlung nicht wegbleiben, wie sich unzweifelhaft er-

giebt, wenn man die Sache folgendermaßen betrachtet: Die elektromotorische Kraft der Säule sey  $E$ , der Gesamtleitungswiderstand sey  $\varrho$ , so ist die Stromstärke  $\frac{E}{\varrho}$ , wenn die Maschine stille steht. Sobald aber die Maschine zu laufen beginnt, tritt eine elektromotorische Gegenkraft auf, deren GröÙe durch  $xm'\beta v$  ausgedrückt ist; die übrigbleibende elektromotorische Kraft, welche wirklich einen Strom zu Wege bringt, ist also  $E - xm'\beta v$ , und der durch sie erzeugte Strom ist also  $\frac{E - xm'\beta v}{\varrho}$ , was mit der Jacobi'schen Formel übereinstimmt.

Mein Fehler bestand also im Wesentlichen darin, daß ich verschiedenartige GröÙen von einander abzog, nämlich eine elektromotorische Kraft von einer Stromstärke, und er ist dadurch entstanden, daß Jacobi den Inductionstrom selbst in die Betrachtung einführt, der als solcher freilich nicht zur Entstehung kommt.

Sobald ich meinen Irrthum eingesehen hatte, schrieb ich Hrn. Poggendorff er möge mein Aufsätzchen nicht abdrucken lassen. Mein Brief kam aber zu spät <sup>1)</sup>, und ich stehe nun nicht an meinen Irrthum sogleich selbst zu berichtigen.

Der Versuch, welcher meine Ansicht zu bestätigen schien, war offenbar ein fehlerhafter. Ich vermuthe, daß der Hauptfehler darin bestand, daß ich die Hubhöhe zu gering genommen hatte und die Zeit zu bald nach Beginn der Bewegung zu zählen anfang, ehe noch die Maschine in den gehörigen Beharrungszustand gekommen war. Es war nun nöthig, neue Versuche zu machen, bei denen ich die Hubhöhe gröÙer machte, obgleich auch vielleicht noch nicht groß genug. Nachdem die Last ein Meter hoch gehoben worden war, wurde die Zeit bestimmt, welche nöthig war, sie um ein zweites Meter zu heben. Auch stellte ich jetzt eine gröÙere Reihe von Versuchen an, deren Resultate folgende sind:

1) Was ich bezeugen kann.

Belastung.	Zahl der Plattenpaare.		
	2.	4.	6.
0	14 Sek.	12 Sek.	11 Sek.
VWaagschale allein	25	15	14
$W+1$ Pfd.	58	23	23

Die Waagschale wog  $\frac{3}{4}$  Pfund.

Jedes Plattenpaar bestand aus zwei nebeneinander gestellten Bunsen'schen Bechern. Bei Vermehrung der Plattenpaare war stets so viel Leitungswiderstand in die Kette eingeschaltet worden, daß der Strom an der Tangentenbussole bei still gehaltener Maschine 28 Grad Ablenkung erzeugte. Bei einer zweiten Versuchsreihe wurde von drei Plattenpaaren ausgegangen. Bei still gehaltener Maschine brachten sie 34° Ablenkung hervor; als die Zahl der Plattenpaare auf 6 und 9 vermehrt wurde, wurde auch so viel Leitungswiderstand eingeschaltet, daß bei ruhender Maschine die Ablenkung wieder 34° war. Die Resultate dieser zweiten Versuchsreihe sind folgende:

Belastung.	Zahl der Plattenpaare.		
	3.	6.	9.
$W+1$ Pfd.	18,5"	14	14
$W+2$ Pfd.	31,5	19	17

Obgleich diese Versuche noch manche Anomalie zeigen, so beweisen sie doch, daß der mechanische Effect eines elektro-magnetischen Motors wächst, wenn die elektromotorische Kraft der Säule und der gesammte Leitungswiderstand der Kette in *gleichem* Verhältniß vermehrt worden, wie es auch die Jacobi'sche Formel verlangt.

**X. Gieseckit und Spreustein, zwei Umwandlungs-Pseudomorphosen nach Nephelin; von R. Blum in Heidelberg.**

**Zu Jyalikko-Fjord** unfern *Julianeshaab* in Grönland kommt ein Mineral in hexagonalen Säulen in Porphyr-Geschieben eingewachsen vor, welches allgemein unter dem Namen *Gieseckit* bekannt ist. Dasselbe wurde früher, wegen der Aehnlichkeit der Gestalt und des meist amorphen Zustandes seiner Masse, als eine Abänderung des *Pinit*s betrachtet, mit welchem zugleich seine chemische Zusammensetzung viel Uebereinstimmendes zeigte. Später stellte *Tamnan* den *Gieseckit* mit dem *Elaeolith* (*Nephelin*) zusammen, mit dem er die Krystallform gemein hat, und, im frischen Zustande, hinsichtlich der Härte, des specifischen Gewichtes und des Fettglanzes identisch seyn soll. Allein die meisten Krystalle befinden sich in einem veränderten Zustande, und stimmen weder mit den eben angeführten Eigenschaften noch mit der chemischen Zusammensetzung des *Elaeoliths* überein. Der Grund hiervon ist in der Umwandlung zu suchen, welche der *Elaeolith* erlitten hat. Vor Kurzem erhielt ich einen Krystall der Art, welcher sich, nachdem ich am einen Ende ein Stück abgesprengt hatte, um die Beschaffenheit des Innern beobachten zu können, ganz aus einem feinschuppigen Aggregat von sehr kleinem Glimmerblättchen bestehend zeigte. Der *Gieseckit* ist demnach nichts anderes als ein in Umwandlung zu Glimmer begriffener *Elaeolith*, bei welchem die Uebergangsstufe des pinitartigen Zustandes, und zwar, wie mir scheint, am häufigsten vorkommt.

Das Endresultat der Umwandlung ist also auch hier Glimmer, und damit stimmt sowohl die chemische Zusammensetzung als auch das Verhalten vor dem Löthrobre und gegen Säuren nahe überein. Während der *Elaeolith* vor dem Löthrobre schmilzt und von Säuren unter Gallerte-

bildung aufgelöst wird, greifen letztere den Gieseckit nur wenig an, auch ist derselbe schwerer schmelzbar. Vergleicht man die Resultate der Analysen, und zwar die des grünen Elaeoliths *a*) von Fredriksvärn nach Scheerer und die des Gieseckits *b*) nach Stromeyer, so wird der Gang der Umwandlung dadurch anschaulich. Sie bestehen nämlich aus:

	<i>a.</i>	<i>b.</i>
Kieselsäure	45,31	46,0798
Thonerde	32,63	33,8280
Natron	15,95	—
Kali	5,45	6,2007
Eisenoxyd	0,45	Eisenoxydul 3,3587
Kalkerde	0,33	Talkerde 1,2031
Wasser	0,60	4,8860
	100,76.	Manganoxyd 1,1556
		96,7119.

Hiernach hätte also eine Ausscheidung von Natron und eine Aufnahme von Wasser und Eisenoxydul, von wenig Talkerde und Manganoxyd stattgefunden.

Unter dem Namen *Spreustein* oder *Bergmannit* ist schon lange ein Mineral bekannt, das von Einigen als eine selbstständige Species, von Anderen als eine Abänderung des Wernerits angesehen wurde. Es findet sich nicht selten als accessorischer Gemengtheil des Zirkonsyenits in Norwegen, namentlich in der Umgegend von Brevig, Laurent und Fredricksvärn. Scheerer, welchem die äußeren Eigenschaften des Spreusteins nicht dafür zu sprechen schienen, daß derselbe als eine Varietät des Wernerits anzusehen sey, unterwarf denselben einer analytischen Untersuchung, deren Resultate er im 65. Bande dieser Annalen S. 277 und 278 mittheilte, und wornach derselbe ein normaler Natron-Mesotyp ist.

Von Hrn. Dr. Krantz in Bonn erhielt ich nun vor einiger Zeit einige Pseudomorphosen zum Geschenk, unter denen ein Exemplar sich befand, welches mit der Etiquette »Spreustein nach Beryll und Skapolith von Brevig« ver-

sehen war. Eine Skapolithform konnte ich jedoch an den säulenartigen Krystallen des Spreusteins nicht erkennen, während sie sich mit den Formen des Berylls, als hexagonale Säulen, identisch zeigten. Da aber das Vorkommen des Berylls in den Zirkonsyeniten Norwegens durchaus nicht gewiss ist, und Scheerer noch ausdrücklich bemerkt (a. a. O. S. 280), daß Alles, was er gesehen habe, dem Apatit angehöre, auch die Entstehung des Spreusteins aus diesem Minerale mir sehr zweifelhaft erschien, so sah ich, um vielleicht einen Aufschluß in dieser Beziehung zu erhalten, die Exemplare jener Substanz, welche sich in meiner Mineralien-Sammlung befanden, genauer durch. Und in der That bemerkte ich bald an einer Stufe eine kleine hexagonale Säule, welche oberflächlich sich als Spreustein, an dem einen abgebrochenen Ende aber als Elaeolith zeigte, wornach es also dieses Mineral ist, von welchem jener die Form entlehnt hatte. Um aber noch größere Gewissheit für diese Ansicht zu erhalten, theilte ich solche Hrn. Dr. Krantz mit und ersuchte ihn, seine Exemplare nochmals einer genauen Durchsicht zu unterwerfen, und mir deren Resultate gefälligst zukommen zu lassen. Aus der darauf erhaltenen Zuschrift erlaube ich mir Folgendes hier anzuführen: »Ich habe meinen kleinen Vorrath von pseudomorphirenden Spreustein nochmals durchgemustert, und bin zu dem von Ihnen vermutheten Resultate gelangt, daß die sechsseitigen Säulen früher nicht Beryll, sondern Nephelin (Elaeolith) gewesen sind. Die kleine Säule, die Sie hier mit erhalten, und die an unverändertem Orthoklas, mit dem sie wohl nichts gemein hat, ansitzt, besteht durchaus an dem unverändert scheinenden grünlichen Ende nach der Löthrohr-Prüfung aus Mesotyp; es ist also hier nichts mehr von dem ursprünglichen Minerale da. An der zweiten größeren Säule ist an dem einen Ende noch reiner weißer Nephelin, im Innern weiter hinein aber Elaeolith enthalten; es ist eigenthümlich, daß hier der Nephelin sich in der reinen weißen Farbe zeigt, in der er, soviel mir bekannt, in Norwegen noch nirgends gesehen wurde; es ist durch

dieses Stück wohl zur Genüge dargethan, daß die Pseudomorphosen früher Nephelin waren. Spreustein nach Wernerit sind mir nicht bekannt.»

Die Umwandlung, welche hier vorgegangen ist, begann auf der Oberfläche der Krystalle, und hat sich von hier nach dem Innern verbreitet, wie man diesen Vorgang an verschiedenen Individuen, die sich in den verschiedensten Stadien desselben befinden, beobachten kann. Während der oben erwähnte kleine Krystall nur auf der Oberfläche zu Spreustein umgewandelt ist, der von Hrn. Dr. Krantz angeführte große Krystall, welcher ungefähr  $1\frac{1}{2}$  Zoll Länge und 1 Zoll Dicke besitzt und an beiden Enden abgebrochen ist, an dem einen Ende ganz aus einem Gemenge von rothem und weißem Spreustein besteht, an dem andern aber noch einen Kern von Nephelin enthält, der von einer 1 bis 2 Linien dicken Rinde von weißrothem Spreustein umgeben wird, sind andere Krystalle gänzlich zu letzterer Substanz umgewandelt. Auch krystallinische Partien von Elacolith haben diese Veränderung erlitten. Der umgebende Orthoklas ist meist noch ganz frisch, nur hier und da zeigt er sich an den Stellen der Berührung mit dem Spreustein etwas roth von Eisenoxyd gefärbt, welches zwischen seinen Spaltungsflächen eingedrungen ist.

Der Umwandlungs-Proceß selbst besteht im Verlust des Kalis, der Ausscheidung einer kleinen Quantität von Natron und Thonerde, und der Aufnahme von Wasser, wodurch  $(\text{Na}, \text{K})^2 \text{Si} + 2\text{AlSi}$  zu  $\text{NaSi} + \text{AlSi} + 2\text{H}$  wurde. Und dieser Vorgang fand mitten in einem Gestein statt, welcher, trotzdem daß das Wasser denselben bewirkte, einen durchaus frischen Charakter trägt. Auch wird es wohl schwerlich Jemanden einfallen, annehmen zu wollen, daß hier der Natrolith eine ursprüngliche Bildung oder überhaupt das Wasser ursprünglich sey, denn die pseudomorphe Natur der Spreustein-Krystalle ist zu augenscheinlich, um geläugnet werden zu können. Dieselben sind keine ächten Krystalle, denn sie bestehen aus einer Masse mit verworren-strahliger Zusammensetzung, (auf welche

sich der von Werner gegebene Name »Spreustein« bezieht), also aus einem Aggregat, das sogar zuweilen noch einen Kern des ursprünglichen Minerals einschließt. Steht aber die Umwandlung fest, so kann dieselbe auch nur durch Wasser erfolgt seyn, welches in das Gestein einge-  
 drungen ist, Bestandtheile des Nephelins ausgezogen, fortgeführt und sich zum Theil an deren Stelle gesetzt und Mesotyp gebildet hat, denn weder die Annahme eines hohen Drucks, noch die von einem ursprünglichen Wasser in der Gebirgsart kann die vorliegende Erscheinung erklärt werden. Zugleich haben wir hier ein sehr schönes Beispiel, wie das Wasser bei seinen Wirkungen auf unorganische Körper wieder krystallinische Bildungen hervorruft, und wie es ein Miskennen dieses Processes ist, der gerade bei der Bildung von Pseudomorphosen eine so wichtige Rolle spielt, wenn man durch denselben nur das Entstehen von Kaolinen, Thonen und anderen »mineralischen Schmier-  
 ren« annehmen will. Uebrigens scheint es, daß der Elaeolith selbst ein schon in Umwandlung begriffener Nephelin sey; wenigstens dürfte der schwankende Wassergehalt desselben darauf hindeuten. Auch hat Scheerer in Betreff der grünen und braunen Elaeolithe von Fredricksvärn die Beobachtung gemacht, daß wenn beide fein gepulvert und mit concentrirter Salzsäure zersetzt werden, die abgeschiedene Kieselerde dieselbe Farbe wie das Mineral zuvor, nur in einem schwächeren Grade habe, welche nur durch Aufschließen mit rauchender Salpetersäure oder durch Glühen verschwinde. Scheerer bemerkt daher »durch dieses letzte Verhalten ist daher genugsam dargethan, daß die Farbe organischen Ursprungs ist.« (Bd. 49 dieser Ann. S. 380.) Wie soll aber dieser organische Farbstoff in das Mineral gekommen seyn, wenn nicht durch Wasser? Ursprünglich ist er doch gewiß nicht.

**XI. Mittel, den vom schmelzenden Silber absorbirten Sauerstoff auszutreiben; von Hrn. Lecol.**

---

**W**ie Samuel Lucas zuerst beobachtete, absorbirt reines Silber beim Schmelzen an der Luft rasch Sauerstoff und dieser entwickelt sich erst wieder vollständig im Moment, wo das Silber erstarrt. Will man ihn aus dem schmelzenden Metall vertreiben, so kann es mittelst Kohle geschehen, die ihn als Kohlensäure verjagt. Ihn ungebunden abzuscheiden, scheint etwas schwierig, ist aber leicht zu bewirken: Man braucht nur Gold in angemessenem Verhältniß hinzuzufügen und man sieht augenblicklich den Sauerstoff sich so rasch und stürmisch entwickeln, daß daraus ein wahres Aufbrausen entsteht. Die kochende Masse steigt über den Rand des Tiegels, selbst wenn dieser das Doppelte und Dreifache des Volumens derselben faßt. Der Versuch eignet sich daher zu Vorlesungen. (*Compt. rend. T. XXXV. p. 63.*)

---

**XII. Meteoreisenfall bei Epinal.**

---

**A**m 5. Decbr. 1842 um 5½ Uhr M. zerplatzte über Epinal eine Feuerkugel, aus der auf die Stadt ein Feuerregen, und auf Eaufromont ein Feuerstrahl herabfiel. Bei letzterem Ort hat Hr. Guery im Sommer 1851 (also fast 9 Jahre später) Nachsuchungen angestellt, und es ist ihm wirklich gelungen eine 843 Grammen schwere Masse aufzufinden, die alle Eigenschaften des Meteoreisens besitzt. Proben davon sind zur näheren Untersuchung nach Paris gesandt. (*Compt. rend. 1852 T. XXXV. p. 289.*)

---